

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA  
KATEDRA TECHNOLOGIE A ŘÍZENÍ DOPRAVY

MODELOVÁNÍ DOPRAVNÍ OBSLUHY VE VYBRANÉM ÚZEMÍ S POUŽITÍM  
CITY LOGISTIKY

DIZERTAČNÍ PRÁCE

AUTORKA PRÁCE: Ing. Hana Císařová  
ŠKOLITEL: prof. Ing. Václav Cempírek, Ph. D.

2012

UNIVERSITY OF PARDUBICE  
JAN PERNER TRANSPORT FACULTY  
DEPARTMENT OF TRANSPORT TECHNOLOGY AND CONTROL

MODELLING OF TRANSPORT SERVICES IN THE SELECTED AREA USING  
CITY LOGISTICS

DISERTATION TESSIS

AUTHOR: Ing. Hana Císařová  
SUPERVISOR: prof. Ing. Václav Cempírek, Ph. D.

2012

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 3. září 2012

Ing. Hana Císařová

## **ABSTRAKT**

Disertační práce se zabývá problematikou řešení svozně-rozvozního problému s obsluhou vrcholů definovaných na městské dopravní síti.

Práce vychází ze zahraničních přístupů pro řešení obsluhy v citlivých městských zónách. Zaměřena je na zásobování prostřednictvím městského distribučního centra, dále jsou stanoveny omezující podmínky pro obsluhu a v rámci řešení je využito Clarke-Wrightovy metody pro sestavu okružní jízdy. Její výsledky jsou porovnány s výstupy z programu NetOpt.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

City logistika, dopravní obsluha, městské distribuční centrum

## **ABSTRACT**

The thesis is focused on solving of the Vehicle Routing Problem, which is defined in the urban transport network.

The work is based on international approaches to address service in urban zones. It focuses on urban supplies through the distribution centre, there are also restrictive conditions set for operator and for solution is used Clarke-Wright method. The results are compared with outcomes of Net Opt program.

## **KEY WORDS**

City logistics, transport services, distribution centre

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych na tomto místě poděkovala všem, kteří mi pomohli při zpracování disertační práce. Poděkování patří mému školiteli prof. Ing. Václavu Cempírkovi, Ph.D. za jeho čas a cenné připomínky, které přispěly ke zvýšení kvality předkládané práce.

Speciální dík patří kolegovi Ing. Filipu Víznerovi, Ph.D. za pomoc a možnost použít při vypracování disertační práce program NetOpt.

## **OBSAH**

ÚVOD .....	8
1 ANALÝZA PŘÍSTUPŮ K PROBLEMATICE CITY LOGISTIKY .....	9
1.1 City logistika a její možnosti.....	9
1.2 City logistické přístupy v zahraničí.....	12
1.2.1 Městské distribuční centrum .....	14
1.2.2 Optimalizace trasy.....	17
1.2.3 Alternativní řešení svozu a rozvozu zásilek.....	18
1.2.4 Regulace vjezdu nákladních vozidel .....	20
1.3 City logistika v České republice.....	21
1.3.1 Současná situace ve městě Pardubice.....	23
1.4 Závěr souhrnu city logistických přístupů .....	25
2 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE.....	28
3 ANALÝZA METOD PRO ŘEŠENÍ PROBLÉMU .....	29
3.1 Definice základních pojmů.....	29
3.2 Svozně-rozvozní úlohy a metody jejich řešení .....	31
3.2.1 Úloha čínského pošťáka .....	31
3.2.2 Úloha obchodního cestujícího .....	32
3.2.3 Clarke-Wrightova metoda .....	33
3.2.4 Metoda zdvojené kostry .....	34
3.2.5 Přiřazovací problém .....	35
3.2.6 Metaheuristické metody, genetický algoritmus .....	35
3.3 Metoda váženého součtu .....	37
3.4 SWOT analýza .....	38
3.5 Software nástroj pro ověření výsledků.....	38
3.6 Závěr analýzy metod určených pro řešení svozně-rozvozního problému.....	39
4 NÁVRH OBECNÝCH OMEZUJÍCÍCH PODMÍNEK A PŘÍPUSTNÝCH ŘEŠENÍ .....	41
4.1 Definování atrakčního obvodu a výběr vhodné lokace pro MDC.....	43
4.2 Dotazníkové šetření.....	44
4.3 Obslužné vozidlo a jeho parametry .....	45
4.4 Souhrn návrhu postupu řešení .....	46
5 STANOVENÍ OMEZUJÍCÍCH PODMÍNEK A PŘÍPUSTNÝCH ŘEŠENÍ PRO VYBRANÉ ÚZEMÍ.....	47
5.1 Atrakční obvod a alternativy umístění MDC .....	47
5.1.1 Umístění MDC .....	48
5.2 Dotazníkové šetření.....	51
5.2.1 Dotazník pro obchodní dům Tesco .....	54
5.2.2 Manipulační jednotky a modulové systémy.....	55
5.3 Výběr obslužného vozidla .....	55
5.4 Vyhrazená parkovací stání pro obslužná vozidla.....	58
5.5 Souhrn omezujících podmínek pro řešení dopravně-logistické obsluhy .....	60
6 MODELOVÁNÍ DOPRAVNÍ OBSLUHY METODOU CLARKE-WRIGHT .....	65
6.1 Městské distribuční centrum Opatovice nad Labem .....	65

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

6.1.1	Vyhodnocení scénářů pro první lokaci MDC .....	69
6.2	Městské distribuční centrum Schenker .....	70
6.3	Shrnutí výsledků jednotlivých scénářů .....	72
6.4	Ověření výsledků v programu NetOpt .....	74
6.5	Souhrn výsledků programu NetOpt.....	76
7	MODELOVÁNÍ DOPRAVNÍ OBSLUHY JAKO PŘÍŘAZOVACÍ PROBLÉM .....	78
7.1	Matematický model.....	79
7.2	Výsledné okružní jízdy pro 1. lokaci MDC .....	80
7.3	Výsledné okružní jízdy pro 2. lokaci MDC .....	81
7.4	Souhrn výsledků řešení přiřazovacím problémem .....	82
8	VYHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO MODELU .....	83
8.1	SWOT analýza lokací MDC .....	83
8.2	Výsledné řešení .....	85
8.3	Možné problémy v rámci navrženého řešení .....	85
8.4	Praktický přínos.....	86
8.5	Vědecký přínos.....	86
	ZÁVĚR.....	87
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	88
	SEZNAM ZKRATEK.....	92
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	93
	SEZNAM TABULEK.....	94
	SEZNAM PŘÍLOH.....	95
	PUBLIKAČNÍ ČINNOST K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE .....	96
	PUBLIKAČNÍ ČINNOST .....	97
	OSTATNÍ AKTIVITY DOKTORANDA .....	98

## ÚVOD

City logistika je jednou z moderních oblastí řízení materiálových toků. Problematika řízení materiálových toků v městském prostoru se objevila jako důsledek dosažení kapacitních hranic stávajících logistických a dopravních cest. V kontextu nastalé situace nebylo jiné možnosti, než začít postupně usměrňovat a v podstatě centrálně řídit dopravní obsluhu měst. City logistika v sobě nezahrnuje pouze zásobování citlivých městských zón, ale také zklidňování dopravy, nové pohledy na řízení zbožových toků, tak aby byly pokryty stoupající materiálové, kvantitativní i kvalitativní požadavky, jak obyvatel měst, tak i podnikatelského sektoru. Na základě analýzy současných city logistických přístupů, bude vybráno opatření, které by mohlo být v budoucnu využito pro řešení dopravně-logistické obsluhy a na vybraném území bude provedena aplikace tohoto opatření.

Charakter problémů vzniklých na městské dopravní síti poskytuje prostor pro optimalizaci pomocí metod operačního výzkumu. Mezi časté otázky patří sestavení optimální trasy obslužného vozidla. Tento problém je znám pod označením Vehicle Routing Problem (dále jen VRP). Jeho cílem je obsloužit požadavky zákazníků s minimálními náklady, popřípadě optimalizovat časovou náročnost obsluhy, která začíná a končí v jednom výchozím bodě s přihlédnutím ke kapacitním možnostem vozového parku. Metod pro výpočet okružní jízdy je mnoho. V práci bude použita jedna metoda pro výpočet okružní jízdy a její výsledky budou porovnány s výstupem z optimalizačního programu NetOpt.

Výsledky dosažené v disertační práci rovněž podpořily výzkumný projekt Technologické agentury ČR č. TA01030968, Univerzální digitální model pozemních komunikací.



# 1 ANALÝZA PŘÍSTUPŮ K PROBLEMATICE CITY LOGISTIKY

Na základě analýzy současných přístupů k problematice city logistiky v zahraničí a v ČR byl stanoven cíl disertační práce, která se opírá o poznatky ze stejnojmenné odborné práce (1). Tato kapitola se věnuje převážně praktickým přístupům a řešením eliminujícím dopady dopravy na citlivé městské zóny. Problematika city logistiky vychází převážně z praktických zkušeností západní Evropy, případně severní Ameriky, a proto budou v textu analyzovány hlavně výstupy z mezinárodních projektů.

## 1.1 City logistika a její možnosti

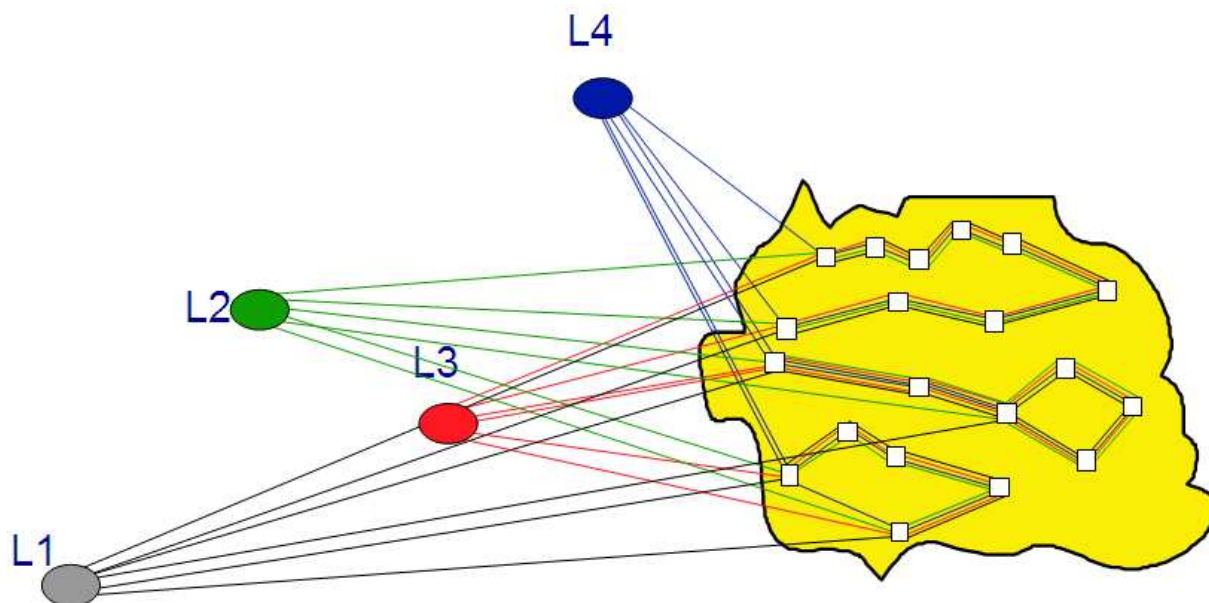
City logistika úzce souvisí s distribucí a nutností systémového pohledu na otázky nákladní dopravy v oblastech městských zón. Největším problémem městských aglomerací současnosti je neefektivní, popř. minimální prostorové a časové usměrňování materiálových toků. Řešení v podstatě spočívá ve hledání kompromisu mezi časovými požadavky, kvantitou a prostorovými nároky zásobování, které lze ovlivnit jen minimálně. Současně je nutné eliminovat negativní vlivy dopravy na stav životního prostředí městského prostoru. City logistická opatření by mohla být jedním z možných řešení problémů v klidových zónách.

Základní dva problémy jsou:

- **dopravní přetížení** – způsobuje kolize u pozemní osobní a nákladní dopravy a kolize při jejich styku s pěším provozem a provozem na cyklostezkách. Významně zatěžuje životní prostředí. Z urbanistického hlediska zatěžuje úzké historické čtvrtě a uliční komunikace s nedostatečnými parametry.
- **degenerace funkční náplně center měst** – je způsobena extrémním nárůstem cen pozemků a zvyšováním nájemného v centrech měst. Postiženy jsou především menší provozní jednotky maloobchodu, stravování a živností s nedostatečnou kapitálovou vybaveností, které jsou nuceny zmenšovat prostory pro držení zásob. Tento základní problém se týká převážně zbožových toků, které nemají specifické požadavky na skladování, například běžné spotřební zboží, oděvy, nápoje apod. (2)

Na city logistiku se pohlíží různě. Ve většině případů se zabývá pouze nákladní dopravou. Oficiální statistiky detailně uvádí výkony v dopravě, ale tuto podnikatelskou (služební) osobní dopravu zahrnují do skupiny jako ostatní resp. zbytkovou dopravu. City logistika musí dodržovat stanovené požadavky v městské dopravě při zohlednění ekologických limitů a rámcových ekonomických podmínek. V průběhu roku 2012 se předpokládá nárůst dopravních výkonů v městské dopravě o 29 % proti dřívějšímu stavu.

Příčin je několik. Zásadní vliv na tento stav má nárůst přepravy kusových zásilek v maloobchodě. Zvláště dynamicky se rozvíjí osobní doprava jako výsledek růstu terciární sféry a změny sektoru služeb. Dnešní situace začíná být problematická hlavně v oblastech tzv. citlivých městských zón (vnitřního města), kde je nákladní doprava v podstatě nežádoucí. Klasická distribuce zboží je uvedena na obr. 1. (6)

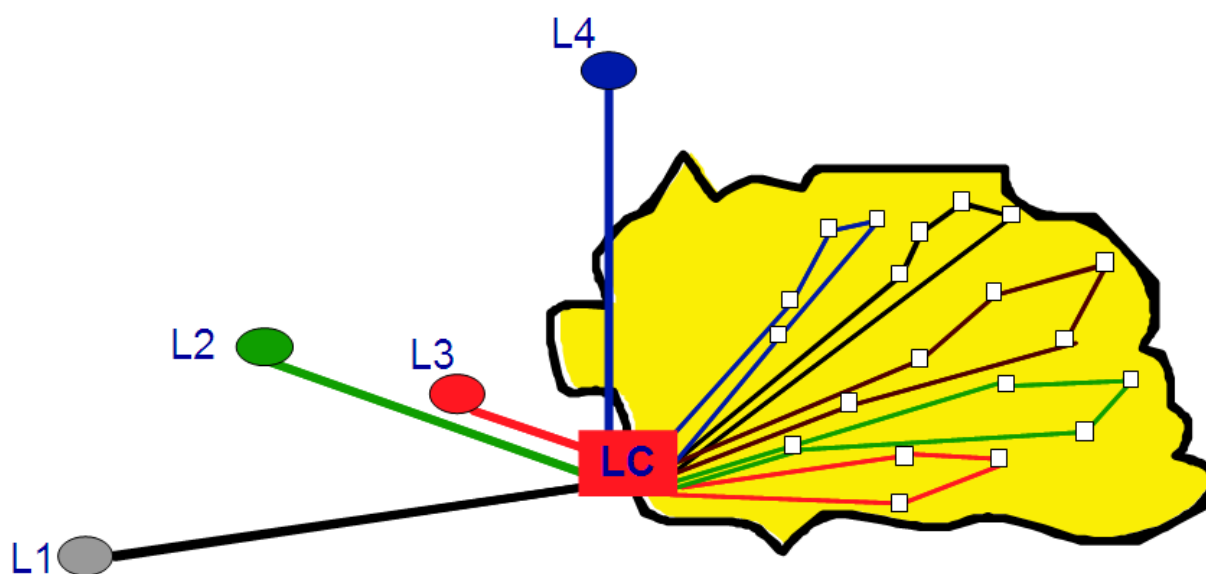


**Obrázek 1 – Distribuce zboží od „mnohých k mnohým“**  
Zdroj: Cvičení z předmětu Základy technologie a řízení dopravy

Dopravci musí reagovat na požadavky zákazníků, protože působí na konkurenčním dopravním trhu. Problémy připravují především časové ztráty při dodávkách uvnitř města, které vznikají čekáním na obsluhu u ramp a omezením dopravy. Překážkou jsou rovněž časové lhůty pro dodávky na pěších zónách a skutečnost, že obchody otevírají pozdě ráno. Tím jsou omezena časová okna pro dodávky do obchodů na pěších zónách. V city logistice musí být zohledněn optimální plán tras, což je otázka pro dopravce. Především při přepravě kusových zásilek, které obsahují rozdílně těžké zásilky a přepravní náklady jsou hrazeny podle hmotnosti zásilky bez zohlednění dalších výdajů s přepravou spojených. Pro speditéry je důležitá optimalizace, která zahrnuje redukci čekacích dob, snížení prázdných jízd, vyšší vytížení a hustota jízd. U balíkové služby je důležitá hustota zásilek (více zásilek pro příjemce) a z toho plynoucí výrazné časové výhody a nízké dodavatelské náklady na balík. Pěší zóny a omezení přístupu vedou ke koncentraci dodavatelské dopravy. Pevně jsou stanovena časová okna pro zásobování a pro potřebný volný prostor. City logistika využívá kooperaci dopravců a sběrné jízdy. V podstatě lze říci, že jde o distribuční systém usměrňující zbožové toky v citlivých městských zónách. Postupem času se oblast jejího působení

posunula a rozšířila. Problémy spojené se city logistikou některé státy, zatím nepovažují za stěžejní oblast zájmu, ovšem v průmyslové a logisticky rozvinuté země se jimi zabývají již od sedmdesátých let minulého století. Na začátku byl pojem city logistiky chápán jen jako restrikce týkající se těžkých nákladních vozidel v centrech měst, postupem času se začal tento pojem rozšiřovat. Oficiální dekadou city logistiky se stala až devadesátá léta.

Distribuční systém přepravuje zboží ze zdrojů k zákazníkům, ale na city logistických konceptech je, jak správně je usměrnit, využít kapacitu vozidel, aby byla zabezpečena efektivita této přepravy. Typickým problémem v oblasti distribuce je tzv. přeprava od mnohých k mnohým, tedy kde je zhruba tolik příjemců jako dodavatelů. V rámci města představuje klasickou formu zásobování. City logistika nabízí obecně jednoduché a efektivní řešení v podobě tzv. gateways, která usměrní a vhodně konsoliduje zbožové toky, nezahrnuje však pouze zbožové toky jako takové, ale zabývá se i oblastí dopadů na životní prostředí, viz. obr. 2. (6) K počátečním a v podstatě i nejjednodušším přístupům patří dopravní a ekologická omezení. Komplexní a hlavně univerzální řešení však v podstatě neexistuje, proto je nutné se zabývat konkrétními podmínkami každé jednotlivé oblasti. (2)



**Obrázek 2 – distribuce s využitím tzv. gateways**

Zdroj: Cvičení z předmětu Základy technologie a řízení dopravy

Cílem city logistiky je co nejvíce přepravních požadavků spojit do řízeného systému, který odpovídá požadavků a splňuje legislativní rámec dané země či oblasti. Přepravce jen zřídka zajímají problémy dopravců. Pro zákazníky je důležité, že zboží bude dodané přesně, neporušené a v požadovaném množství. Ze strany zákazníka bude negativně hodnoceno, když budou obsluženi vícekrát za den a budou muset přerušit jejich podnikatelskou činnost (např.

především přerušení prodeje v maloobchodě, případně více náklady spojené s další pracovní silou). V konkurenčním prostředí představuje pro maloobchod důležitou roli obecná dopravní situace jako např. dosažitelnost obchodu, možnost parkování apod.

## **1.2 City logistické přístupy v zahraničí**

V zahraničí je city logistika vnímána jako aplikace již ověřených způsobů regulace dopadů dopravy v citlivých městských zónách. Je nutné přihlídnout k individualitě jednotlivých problémů, ale i městskému prostředí. Nelze vzít jedno logistické opatření a aplikovat jej bez přizpůsobení se konkrétním podmínkám v jiné zemi či městě. Obecně lze současné přístupy charakterizovat kombinací některých z následujících opatření:

- a) městské distribuční centrum,
- b) distribuce zboží jinými druhy dopravních prostředků,
- c) optimalizace ložení vozidel a trasování okružní jízdy,
- d) vývoj zásobovacích vozidel a využití ekologických vozidel,
- e) regulace vjezdu nákladních vozidel,
- f) časová a prostorová omezení,
- g) efektivní využití infrastruktury,
- h) noční dodávky,
- i) alternativní řešení pro distribuci zásilek (blízký doručovací okruh),
- j) partnerství pro nákladní dopravu,
- k) systémy zpoplatnění použité infrastruktury a daňové zvýhodnění ekologických vozidel,
- l) informační a telematické technologie, mapa infrastruktury apod.

**Německo, Nizozemsko a Švýcarsko** provedlo řadu pilotních projektů zabývajících se alternativními modely pro distribuci v městských centrech. Naproti tomu například Dánsko se zabývalo hlavně teoretickými rozbory a výzkumnými projekty. Dopravní analýzy z let 2002 a 2003 ukázaly na fakt, že například do historického centra Kodaně o rozloze pouze 1 km<sup>2</sup> vjíždí každý den zhruba 6 000 dodávek a nákladních automobilů. Pouze 15 % těchto vozidel bylo během průzkumu loženo z více než 60 % a více než polovina z nich dokonce využívala méně než 20 % své kapacity. Tato tristní bilance vedla k zavedení městské vyhlášky, kdy všechna nákladní vozidla a dodávkové vozy nad 2500 kg, musela mít osvědčení pro povolení vjezdu do historického centra Kodaně. V podstatě se jedná o ekologické osvědčení, přičemž byly zavedeny tři typy:

• **Zelené osvědčení:** (aby bylo vozidlo způsobilé pro zelené osvědčení, jeho nákladní přepravní kapacita, musí být využita z více než 60 %. Kromě toho motorová vozidla nesmí

být starší než 8 let). Zelené osvědčení dává právo k využití 20 zvláštních nakládacích oblastí, které byly založeny v souvislosti s vyhláškou.

- **Žluté osvědčení:** je určeno pro vozidla, která nesplňují „zelené osvědčení“.

- **Červené osvědčení:** je určeno pro jeden den. Je vydáváno pro občasně dodávky do centra Kodaně. (3)

City logistika nemůže fungovat odděleně od soukromého sektoru. V Dánsku i Německu proto vytvořili vyjednávací skupiny, zastoupené jak živnostníky, orgány veřejné správy, příjemci zboží, tak i obyvatelstvem samotným, označované jako místní. Výsledkem jednání jsou přesné definice přístupových oblastí, dokonce i obsazenost osobních automobilů, již zmíněné ekologické normy a zásahy do ložení zásobovacích vozidel i vznik pěších zón. Takováto jednání jsou příslibem nalezení vhodných kompromisů mezi požadavky zúčastněných stran, protože již z principu problému je jasné, že každá strana preferuje pouze svůj pohled a ve valné většině případů jsou tyto pohledy antagonistické.

Problémy logistické obsluhy měst lze vyzorovat v celém světě. Například v Kanadě, kde po dopravních průzkumech zjistili, že nejvíce dopravního zatížení generuje nápojový průmysl, při snaze o eliminaci neefektivně ložených jízd, zašli tak daleko, že se snažili pohyb neložených vozidel zmírnit projektem automatizovaného potrubního vedení. Tato myšlenka však byla a je velmi finančně náročná, takže její realizace zůstala pouze v projektové podobě. (4)

Na druhé straně je nutné si uvědomit, že pohyb materiálových toků ve městech sebou nese ekonomické výhody, pracovní příležitosti a zvyšuje celkový životní standard obyvatel. V Evropě používaný termín tzv. mílových přeprav, přeprav na poslední míli, podle reálných odhadů tvoří až 80 % všech nákladních jízd, takže není možné je zcela utlumit, ale pouze správně přesměrovat, efektivně využít kapacity vozidla, a to dle city logistických konceptů připravených a namodelovaných pro konkrétní městské oblasti. Řešení problému poslední míle může být realizováno jako model k zákazníkovi domů, k zákazníkovi do zaměstnání, do odběrného dodávkového boxu, do odběrného místa, případně do uzamykatelných schránek. Některé zboží skupiny nelze spojovat, především se jedná o přepravy za zvláštních podmínek jako např. mražené, chlazené a nebezpečné zboží. Při hodnocení lze zjistit, že tato omezení tvoří cca 31 % z celkových přeprav uvnitř měst. Nákladní doprava představuje cca 25 až 35 % z celkového objemu dopravy a její podíl může být snížen city logistikou. Např. v Regensburgu byl zjištěn podíl nákladní dopravy 31 %, servisní dopravy 17 % a osobní

dopravy 52 %. Přičemž struktura nákladní dopravy byla následující – podíl podnikové dopravy 52 %, spedice 16 %, speciální doprava 9 %, pošta a balíkové služby 23 %. (5)

V lednu 2010 byl zahájen projekt CityLog, který se zaměřuje přímo na soukromý sektor. Projekt si klade za cíl zvýšení účinnosti systémů dodání zboží v městských zónách prostřednictvím integrovaných systémů, moderních a nízkoemisních obslužných vozidel. Projekt je koordinován Výzkumným střediskem FIAT a účastní se ho společnosti jako TNT Global Express, Volvo technology Corporation AB, PTV Planung Transport Verkehr AG, pod záštitou Evropské unie. (4)

V rámci Evropské unie vznikl i další projekt BESTUFS (BEST Urban Freight Solution). Ačkoliv bylo již zmíněno, že v podstatě neexistuje obecně platný návod, jak vyřešit dopravně-logistické problémy měst, tento projekt alespoň mapuje a v rámci členských měst poskytuje, předávání zkušeností a informací o konkrétních možnostech, konceptech a řešeních v jednotlivých členských městech. Většinou lze říci, že využívané principy jsou obdobné jako u předchozích příkladů. (7)

V následujícím textu jsou řešeny stávající konkrétní přístupy a provedeno zhodnocení jejich možného využití v rámci České republiky. Pro potřeby disertační práce byl autorkou vybrán okruh opatření, která jsou blízka zaměření této práce. Mezi vybraná opatření patří městské distribuční centrum, optimalizace trasy zásobování, alternativní řešení svozu a rozvozu zásilek, regulace vjezdu nákladních vozidel a noční dodávky.

### ***1.2.1 Městské distribuční centrum***

Úkolem městského distribučního centra (dále jen MDC) je zajišťování zásobování svého atrakčního obvodu konsolidovanými zásilkami dle kritérií maximálního využití kapacity vozidla a optimalizování navržené okružní jízdy. Nejčastějším důvodem vedoucím k realizaci MDC jsou problémy související se špatnou dopravní situací v dané oblasti způsobené nevhodnou organizací zásobování.

Principiálně lze fungování distribučního centra popsat tak, že dopravce sdružuje své zásilky v definovaném MDC, kde probíhá jejich třídění, sdružení (rozdružení) a následné dodání bez (nebo s minimálním) časovým prostojem. U těchto systémů se většinou nepředpokládá, že by zásilka byla skladovaná více jak jeden den, naopak je kladen důraz na rychlou expedici. Cílem efektivního řízení městských zbožových toků je to, aby zásilka byla vhodně naložena do vozidla, byla naplněna jeho kapacita (některé systémy vyžadují min. 60 %) a následně doručena v požadovaném čase. Právě časový požadavek hraje významnou roli při sestavování okružních jízd. Všeobecně sledovatelným trendem pro optimalizace

městských zbožových proudů po celém světě je právě tendence vytvářet časová okna vyhrazená pro zásobování maloobchodů, vymezené doby pro zásobování v pěších zónách, nebo i noční dodávky. Ke konečné distribuci jsou využívána vozidla šetrnější k životnímu prostředí. V případě, že se vhodně sdruží zásilky, eliminuje se počet jízd, ujetých kilometrů i náklady na pracovní osádku. Pro městský prostor to pak znamená redukci kongescí v důsledku nižšího počtu vjezdů vozidel do vymezené oblasti, snížení emisí i hluku, vyšší spolehlivost zásobování i využití infrastruktury.

V souvislosti s MDC je nutné se zmínit o klasickém přístupu city logistiky ve velkých městských aglomeracích, a to o technologii Gateway. Jde v podstatě o MDC, o vstupní bránu materiálovým tokům do vybraného území. Pro technologii Gateway je typické, že využívá kapacitní dálkovou dopravu na přivedení zbožových toků. Ve vstupní bráně dochází ke sloučení jednotlivých zásilek. Vstupní bránou může být například veřejné logistické centrum (město Berlín má tři), rozdělovací centrum, nebo i terminál kombinované dopravy. Hlavním faktorem, který ovlivňuje to, zda je vhodné využít Gateway je velikost obsluhovaného území. V případě MDC bylo mnoha případovými studii v zahraničí i ČR potvrzeno, že hranice se pohybuje kolem 100 tis. obyvatel (8), respektive městská aglomerace s minimálně tímto počtem obyvatel je schopna generovat a spotřebovat dostatečné materiálové toky. Pro systém Gateway je však nutné synchronizovat zbožové toky pro více jak 1 milion obyvatel. Z tohoto důvodu se jí využívá hlavně v zahraničí, kde existují i dvoustupňové systémy (Řím, Amsterdam).(7)

MDC představuje komplexní řešení dopravní obsluhy i pro menší oblasti, takže jej lze využít i v rámci ČR. Jednoznačnou nevýhodou tohoto přístupu je otázka vysoké počáteční investice, dále pak hledání vhodné lokace, způsob financování, jeho podpora a volba mezi tím, zda vybudovat nové či pronajmout již stávající prostory. Nastavení podmínek pro využívání jeho služeb, sestavení vhodných nástrojů a definování pozitiv, která přinese zapojení subjektu do distribuce svého zboží prostřednictvím MDC. Soukromý sektor se při zapojení MDC může obávat toho, že přijde o optickou kontrolu nad dodávkou svého zboží a ztratí vliv na svůj dodavatelský řetězec. Proto zapojení co největšího spektra podnikatelských subjektů závisí na tom, aby si uvědomily výhodnost systému, který je schopnější lépe využít kapacity vozidel a snadněji splnit například ekologické požadavky konkrétní oblasti. Současná ekonomická situace nedovoluje mnoho podnikům výstavbu vlastních logistických nebo distribučních center. Proto by bylo vhodné zvážit, zda právě systém městských center by mohl rozšířit distribuční možnosti firem bez toho, že by byly

nuceny vystavět svá vlastní centra. Další otázka je spojená se způsoby financování. Existují v podstatě tři základní varianty:

- plně soukromá,
- soukromá, ale s finančním podílem EU, správy města či státu a
- veřejná forma, kdy jde o financování pouze ze strany města či státu.

Každá z těchto možností má zákonitě své výhody i nevýhody, které většinou zahrnují hlavně to, zda jsou přijatelné pro širší zákaznický okruh či nikoliv. Právě z toho to důvodu se autorka domnívá, že by bylo v rámci ČR vhodné zvolit variantu obsahující alespoň částečnou podporu veřejného sektoru. Důvody jsou nasnadě. Lepší konkurenceschopnost a zároveň i rozložení finanční zodpovědnosti. Dále snazší přesvědčení zákazníků v době současné ekonomické situace. Obdobný model již od roku 2003 funguje v **Maďarsku**, v mnoha **německých městech, Francii nebo Monaku**. Příkladem případové studie dopravně-logistické obsluhy města, která si získala své zákazníky a z experimentálního provozu funguje i v současnosti je Broadmead v Bristolu (**Velká Británie**). Financována je částečně magistrátem města, EU a svými zákazníky. Výsledkem této spolupráce bylo, během prvního roku působení, snížení počtu jízd až o 68 %, což odpovídá přibližně 43 tis. vozkm a adekvátní snížení uhlíkových i hlukových emisí, které lze všeobecně brát jako přínos MDC v rámci dopravně-logistické obsluhy. (7)

Hlavní nevýhodou při výstavbě nových MDC center jsou vysoké investiční náklady. Ekonomické hledisko MDC zahrnuje vybudování či pronájem budov (ideální je pronájem prostor, která jsou ve vlastnictví města), pořízení dopravní a manipulační techniky, zaměstnanci apod. Dalším faktorem je umístění samotného MDC, je nutné, aby bylo v dostatečné blízkosti obsluhované oblasti, dále aby mělo kapacitní napojení na dopravní infrastrukturu a jak již bylo zmíněno v textu, vhodně definovaný atrakční obvod s dostatkem materiálových toků. Kromě toho hraje roli i samotné zboží a kapacita MDC. Ne všechny materiály a zboží lze snadno distribuovat skrz MDC, případně jejich distribuce zapojením MDC je výrazně složitější než kdyby proběhla napřímo. V České republice by MDC mohla přejít pod koncept veřejných logistických center, o kterých se diskutuje již velmi dlouho, ale konkrétní podmínky, lokace zatím ještě nebyly definovány. Vzhledem k rozsahu této práce se autorka nebude již dále zabývat podrobnými podmínkami pro vznik či umístění městských distribučních center.



### **1.2.2 Optimalizace trasy**

Dalším opatřením, které snižuje počet fyzických vjezdů do citlivých oblastí je optimalizace trasy. Principiálně se lze na tato opatření dívat ze dvou pohledů. Prvním pohledem je optimalizace trasy z hlediska matematického výpočtu, využití metod například operačního výzkumu, či programů na trasování a zvolit tak ideální pořadí obsluhovaných objektů. Druhým pohledem je možnost vhodného trasování v případě toho, že je dostatek informací o dopravní situaci a lze se vyhnout kongescím. Oba úhly pohledu však přispívají k tomu, aby se snížil faktický vjezd vozidel.

Právě správná volba pořadí obsluhovaných subjektů či použitý matematický aparát, který vygeneruje suboptimální nebo optimální trasu je tou cestou, která vede k eliminování vjezdů vozidel. Problém je definován účelovou funkcí, kde se ve většině případů minimalizují ujeté kilometry tak, aby se zároveň dodržely omezující podmínky. Klasickým příkladem omezující podmínky je kapacita vozidla, obsluha v časovém okně, či pracovní doba osádek. Vstupní informací jsou velikosti materiálových toků a poloha zákazníka. Formulace okružních jízd je detailněji rozebrána v kapitole 3 věnující se metodám operačního výzkumu, které lze aplikovat na problematiku okružních jízd, tzv. Vehicle Routing Problem (dále VRP).

Druhou alternativou je přístup k trasování z pohledu toho, že je dostatek aktuálních informací a na jejich základě se vybírá ideální trasa. Nutnou podmínkou k získání aktuálních dat jsou informační a telematické aplikace. V současné době se využívá informačních systémů, webových aplikací, on-line plánovačů tras, ale také proměnného dopravního značení. Ke kategorii těchto opatření patří i městské mapy vyhrazených komunikací pro dopravně-logistickou obsluhu. Tyto mapy znázorňují trasy pro nákladní vozidla, informace o povolené hmotnosti a dalších parametrech, multifunkčních pruzích a jejich časových využitích, ale také mapa citlivých oblastí, kam je vjezd zcela zakázán nebo výrazně omezen. Cílem využití map pro nákladní vozidla je pomoc při navigaci a orientaci nákladních vozidel a také zpřístupnění informací pro trasování obsluhy. Detailní zásobovací mapa umožňuje optimalizovat jednotlivé zásobovací cesty ke konkrétním zákazníkům. Mapy mohou být součástí satelitních navigačních systémů, které řidiče navádějí např. na preferované trasy a s využitím přenosu informací je řidič obeznámen s dopravní situací (uzavírky, dopravní kongesce, atd.), tak jak tomu je například v Londýně. Na základě těchto informací si řidič může zvolit vhodnou trasu pro doručení zásilky dle aktuálního stavu dopravní sítě. (8)

Aplikace podobných map, informačních portálů nejsou problematické a v současnosti již jsou v ČR k dispozici. Výhodou je to, že telematické aplikace jsou volně přenositelné,

nejsou vázány na konkrétní území, jsou volně k dostání a nevyžadují specifické podmínky pro jejich zavedení.

### **1.2.3 Alternativní řešení svozu a rozvozu zásilek**

Většina city logistických aplikací je výhradně zaměřena na silniční dopravu. Existují však i alternativní způsoby, jak distribuovat zboží do citlivých městských zón. Prostředky, které jsou alternativou silničním vozidlům, jsou například jízdní kola, elektrické tříkolky, ale také i tramvaje, to vše v závislosti na velikosti zboží. V této kapitole bude zmíněna případová studie, které se zaměřila přímo na vývoj užitkových vozidel pro ekologické doručování zásilek.



**Obrázek 3- Nákladní tramvaj v Zurichu vlevo a CarGo Tram v Drážďanech vpravo**

Zdroj: Stránky přátel železnic, EnviWeb

V některých městech, kde existuje kapacitní síť kolejové dopravy, se jí využívá právě do zapojení city logistických konceptů. Pozitivem je snížení automobilových pohybů v centru města a hlavně velká přepravní kapacita v nočních hodinách, kdy je pouze finální rozvoz uskutečňován vozidly podléhajícími ekologickým normám dané oblasti nebo země. Pro dopravní proces je využito speciálně upravených tramvají pro přepravu nákladů. Takovéto ekologické systémy fungují již v Rakousku. Obrázek č. 3 zobrazuje nákladní tramvaj v Curychu pro svoz odpadů a tramvaj v Drážďanech upravenou pro přepravu nákladů mezi logistickým centrem a továrnou ve středu města. V centru Drážďan od roku 2001 jezdí pětičlanková obousměrná nákladní tramvaj s označením „CarGo Tram“, jejíž celkový objem nákladního prostoru pojme až 60 t nákladu a souprava tak ušetří jízdu tří kamiónů centrem města. Důvodem zavedení tohoto systému bylo spuštění projektu firmy Volkswagen, která zde v centru otevřela prosklenou montážní halu. Hlavním předpokladem pro využití tramvaje pro zásobování nebo svoz odpadu je hustá síť tramvajových linek, která není např. v nočních hodinách plně vytížena. (9) Přeprava osob ve městech je na prvním místě a z tohoto důvodu „nákladní tramvaje“ nesmí omezovat rozsah této dopravy. Jsou proto zařazovány do časových oken jízdního řádu osobní dopravy (dvakrát za hodinu). Z ekonomického hlediska je potřeba

dostatečně husté sítě tramvajové infrastruktury, aby byly minimalizovány náklady na rozšíření infrastruktury, jelikož návratnost finančních investic je v horizontu desítek let. Pro tento koncept zásobování je nutnost stálých přepravních proudů. (9)

Nákladní tramvaj, využili i v rámci city logistického konceptu v centru Vídně, kde zásobovala maloobchody. Koncept je odlišný od CarGo Tram, protože tramvaj byla spřažena se speciálním 19-ti metrovým plošinovým vozem s hliníkovou skříní a označením „GüterBim“. Kapacita byla udávána až na 13 tun a zásobování obchodního domu probíhalo částečně i v nočních hodinách. Tento projekt fungoval v letech 2005 - 2007 a měl pozitivní výsledky. Prozatím však nedošlo k jeho obnově. V Curychu nákladní tramvaj využívají od roku 2003 pro svoz zpětných toků. V 9-ti sběrných stanicích mohou obyvatelé historického centra ponechat vysloužilé domácí spotřebiče a další odpady. Naproti již zmíněným fungujícím systémům nákladních tramvají, v Amsterdamu tento nápad realizován nebyl. Nepodařilo se skloubit osobní dopravu s požadavky na zastavení pro dopravně-logistickou obsluhu.

Elektromobily a jízdní kola jsou součástí konceptu tzv. Blízkého doručovacího obvodu (Espace de livraison de proximité – ELP) ve Francii. V roce 2003 ve městě Bordeaux a v letech následujících v Rouen (také Francie) byl zaveden systém ekologického doručování zásilek na tzv. poslední míli. Právě přepravy na tzv. poslední míli tvoří v některých městech až 80 % ze všech přeprav. Filosofie konceptu spočívá v tom, že na okraji centra města ve vzdálenosti do jedné míle vymezí prostor pro překládání zásilek (převážně kusových). Je zde pracovník, který řidiči pomáhá s překládkou na jízdní kolo, vozík, dvoukolový vozík nebo elektromobil. Následné doručení tak probíhá v souladu s nejpřísnějšími ekologickými požadavky a s minimální časovou ztrátou v režimu „desk to desk“. (7)

City logistika hraje svoji roli i v technologickém vývoji. K alternativním způsobům svozu a rozvozu zásilek lze zařadit i nový prototyp lehkého užitkového vozidla značky Volkswagen s označením eT. Jde o elektromobil s poloautomatickým systémem řízení. Jak je vidět na obr. 4, vozidlo může svého řidiče/doručovatele následovat (v tzv. režimu Follow me), případně se k němu vrátit (režim Come to me). Další výhodou je možnost řízení vozidla i z pozice spolujezdce, kdy odpadá neefektivní čas obcházení vozidla na místo řidiče. Prototyp byl představen na konci roku 2011. (11)



**Obrázek 4 - Volkswagen eT palubní deska a ruční ovládání**  
Zdroj: Automobilový server auto.cz

Všechna předchozí opatření a nová technická řešení sebou nesou výrazné investice. Je nutné zvážit rentabilitu a reálné možnosti zapojení, a to hlavně v případě nákladních tramvají. Česká města jsou z urbanistického hlediska koncipována tak, že v historických a citlivých zónách nejsou ani výrobní haly ani sklady, které by generovaly potřebnou sílu materiálového toku, tak jak je tomu třeba v Drážďanech.

#### ***1.2.4 Regulace vjezdu nákladních vozidel***

Omezení vjezdu určitých typů vozidel do citlivých zón je jedním z nejčastěji využívaných opatření v rámci city logistiky. Vjezd vozidel do definované oblasti může být umožněn určitým typům vozidel, v předem stanovených časech (časových oknech) nebo prostřednictvím vydané licence (Kodaň). Princip tohoto opatření je snadno aplikovatelný na jakékoliv území a jednoduše zohledňuje i místní podmínky. Vjezd vozidel do určité oblasti může být omezen pro určité typy vozidel. V centrech měst, zejména v historických částech jsou často úzké uliční komunikace a nižší nosnost pozemních komunikací, a proto se zde uplatňují hmotnostní omezení vztahující se k celkové hmotnosti vozidla a šířková omezení. Princip je takový, že buď přímými restrikcemi a zákazy vjezdu „škodlivých“ aut (např. autobus starší 8 let nesmí do centra Madridu) nebo zpoplatněním jejich vjezdu se snaží o snížení provozu „ekologicky škodlivých“ silničních vozidel. Této možnosti využívají téměř všechna významná velkoměsta Evropy od Madridu, Paříže přes Londýn až po některá holandská města. Většina ze zmiňovaných měst si vznik nízkoemisních zón zakomponovala do vlastních dopravních koncepcí a územních plánů. Ve Španělsku existuje od r. 2007 právní úprava zabývající se životním prostředím. Města mají povinnost vytvářet vlastní dopravní koncepce. Na nových dopravních strategiích pro udržitelný rozvoj pracuje společná pracovní skupina napříč ministerstvy, takže místní městské dopravní problémy jsou řešeny až na vládní, nebo mezirezortní úrovni, což pomáhá jejich osvětě

a informovanosti o této problematice. Ve Francii vylepšili tuto formu eliminace vstupu nevhodných silničních vozidel tak, že do vyhrazených klidových zón mohou po 9. hodině dopolední vjíždět jen elektrická vozidla. (7) Poplatky za vjezd vozidel mají ve většině států motivační nebo „inovující“ charakter. Například ve Stockholmu vybrané finanční prostředky za využití infrastruktury jsou z části vráceny do silniční infrastruktury v podobě investic do obnovy a další část je směřována na výstavbu nového obchvatu města.

Povolení nočních dodávek ve Španělsku a Holandsku vedly výrobce manipulační techniky ke zdokonalení a snížení produkovaných zvukových emisí na zákonné limity do 60 dB. Cílem nočního zásobování center měst i jiných oblastí je vyhnout se kongescím, které během dne vznikají a zároveň k nim nepřispívají, proto některé magistráty povolily noční zásobování i pro větší vozidla, ale s tím že se budou striktně dodržovat hlukové limity. Noční dodávky pak probíhají mezi 22. a 6. hodinou ranní, snižují čas jízdy vozidla, emise, spotřebu paliva, umožňuje využití větších vozidel k zásobování. Pro eliminaci hluku se využívají tiché manipulační prostředky, tichá vozidla, pneumatiky z měkčené gumy, uzamykatelné kontejnery apod. (12)

### **1.3 City logistika v České republice**

V ČR však bohužel zatím chybí jak vyvážená koncepce veřejné logistiky, tak i usměrňování materiálových toků ve městech. Hlavním důvodem je stejně jako v jiných evropských zemích fakt, že city logistika sebou přináší omezení týkající se volného pohybu dopravních prostředků, doby zásobování, která jsou těžko prosaditelná u soukromého sektoru.

Samozřejmě v rámci českých měst již také existují zóny, dopravního klidu v určitých časových oknech, přesně a striktně dodržována například prostřednictvím uzamykatelných sloupků, popřípadě hmotnostní omezení, kterými disponují všechna větší města. V současnosti se v České republice nejvíce využívá právě dopravních omezení vjezdu vozidel podle hmotnosti. Další omezení podle emisních limitů, druhu pohonu a udělovaných licencí, jak je tomu v západní Evropě, zatím neprobíhá, protože je nutné podobné zásahy do provozu legislativně podpořit. Přičemž právě dopravní omezení sebou nesou pozitiva v podobě jednoduchého začlenění změnou dopravního značení, následné malé finanční náročnosti na technická zařízení a snadného rozšíření mezi skupiny obyvatel, kterých se omezení týkají. Problém nastává v okamžiku dohledu a vymáhání nastavených opatření, kdy se například ve městě Olomouc, kde se pokusili zavést koncept proměnného využívání jízdního pruhu tak, že ve večerních a nočních hodinách byl určen pro parkování a v běžných denních časech naopak pro městskou veřejnou dopravu. Projekt byl však zastaven v okamžiku, kdy již nedostačovala

kapacita odtahových vozidel, která odtahovala stojící vozidla mimo vyhrazenou dobu pro parkování.

Pokud se již město rozhodne přistoupit na city logistická řešení, tak to neznamená pouze výhody dopravního charakteru, ale také se zlepšuje přístupnost center měst i jeho harmonizace. Dále by i minimální (například jednocentní) snížení nákladní dopravy poskytuje volnou kapacitu individuální automobilové dopravě a tím opět snižuje kongesce nejen vlastní eliminací, ale i uvolněnou kapacitou pozemních komunikací. Její stěžejní přínos je však, jak již bylo zmíněno v předchozím textu, v usměrňování materiálových toků, optimálním vytěžování obslužných vozidel, eventuálně volbou ekologicky přijatelných dopravních prostředků. Pro hromadné přemístění zásilek do městského distribučního centra je možné využít železniční dopravy. Ve večerních hodinách se zásilky naloží na železniční vůz, přes noc se technologií nočního skoku a využitím volnější kapacity dopravní infrastruktury, přepraví do vstupního MDC. Následně v časných ranních hodinách proběhne překládka na silniční vozidlo.

V příkladu kombinované přepravy silnice – železnice již je obsažen rozhodně ekologičtější mód, než je pouze silniční doprava, respektive vhodná symbióza mezi silnicí a železnicí. Samotná dopravní obsluha konkrétních zákazníků v rámci city logistiky by byla zprostředkována přes silniční dopravu v režimu „door to door“ s případnými časovými okny, protože silniční doprava je operativnější a flexibilnější hlavně v časových dodávkách. V MDC proběhne konsolidace zbožových toků podle jejich priorit a místa určení v rámci daného města. Tato možnost není samozřejmě jediná. Kombinací a způsobů přemístění zásilek je mnoho. Ovšem zapojení železniční dopravy, jako dálkového módu, je jednou z nejjednodušších a nejkologičtějších možností. Vezme-li se v úvahu i fakt, že ČR od Aše až po Břeclav (po železnici) necelých 650 kilometrů, je právě zapojení kombinované přepravy (silnice-železnice) do pohybů zbožových toků velice reálné. Z pohledu koncového zákazníka nezáleží na způsobu přepravy, pokud splňuje jeho požadavky na včasnost, bezpečnost a spolehlivost. Nelichotivá je skutečnost, že v České republice, kde má železniční doprava více než 150 let svoji tradici a třetí místo v hustotě železniční sítě v rámci celé Evropy, která je na hodnotě 0,12 km/km<sup>2</sup>, je fakticky drážní doprava v logistických řetězcích nevyužívaná. Dokonce méně než 10 % ze všech logistických center na území ČR je napojeno a aktivně využívá tento dopravní mód.

Pohyb materiálových toků ze zahraničí do měst by reálně mohl vypadat tak, že na všech hlavních importních a exportních směrech by bylo překladiště. Nad rámec této práce je

presná definice míst pro případné překladiště, ale optimální počet lze v kontextu celé České republiky reálně stanovit na pět. V rámci těchto definovaných míst by probíhalo nárazníkové usměrňování materiálových toků, svěšení souprav podle míst určení. Pro překladiště by neplatil požadavek na skladové plochy, pouze nutnost dostatečné přepravní kapacity. Následně by technologií nočního skoku byly zbožové toky přemístěny do vstupních bran nejbližších, popř. cílových distribučních center, kde by probíhala finální slučování a kompozice dodávky. Materiálový tok by v podstatě prošel dvoustupňovým logistickým systémem využitím kombinované přepravy železnice-silnice. Překládkové operace mezi silnicí a železnicí by probíhaly pouze v distribučním centru, nikoliv v překladišti. Složitější systémy by vzhledem k rozloze ČR nebyly nutné. City logistická distribuční centra by přijímala, překládala a usměrňovala zbožové toky a obsluhovala stanovený atrakční obvod, který by byl vymezen dle geografických, politických a hospodářských požadavků zúčastněných institucí. Vzhledem k povaze zbožových toků, by tato varianta byla nasnadě. Problém je však v současné infrastruktuře.

City logistika v ideálním případě neřeší tranzitní dopravu, předchozí text byl autorčinou rozvahou, jak by City logistické koncepty zapadly do celorepublikového dopravně-logistického systému. Předpokladem tedy je, že tranzitní doprava je vedena mimo řešenou oblast. Bohužel i tato otázka je v některých českých městech velmi problematická. Zbytečná doprava je pak z velké většiny ta, kterou je nutné regulovat. Regulace může probíhat na základě opatření, která byla uvedena v předchozí kapitole, může jít o administrativní omezení či vyloučení některých složek dopravy, třeba zakazy vjezdu nebo stání. Ideálním případem by pak byla konsolidace zbožových toků prostřednictvím MDC pro městské aglomerace se 100 tis. a více obyvateli. Kde už je předpoklad postačujících materiálových toků pro vznik veřejného distribučního centra, ze kterého by se usměrňovaly zbožové toky do celého atrakčního obvodu města a přilehlých průmyslových zón. Pro města kolem 70-ti tisíc obyvatel by pak v úvahu přicházely centralizovaná dopravní omezení, která by pouze usměrnila pohyb obslužných vozidel v citlivých zónách.

### ***1.3.1 Současná situace ve městě Pardubice***

Pro další postup v řešení této práce bylo nutné definovat oblast pro aplikaci city logistických opatření. Autorka práce se domnívá, že vhodnou lokalitou by byla aglomerace měst Pardubice a Hradec Králové. Obě tato města splňují požadavek na dostatečný počet obyvatel, velikost materiálových toků, které jsou nutné pro vybudování MDC. Další výhodou je fakt, že obě tato města mají svá úzká místa, která je nutné řešit. Vzhledem k tomu, že

autorka práce se chce zaměřit na optimalizaci trasy a na vytvoření obecného podkladu, argumentu pro manažerské rozhodování o výhodnosti city logistického konceptu MDC, zaměří se pouze na město Pardubice. Autorka práce navázala kontakt na Magistrátu města Pardubice, odbor hlavního architekta a je zde i zapojena do vyjednávání se zástupci obchodníků z oblasti specifické pro zásobování. Z tohoto důvodu bude využito hlavně podkladů města Pardubice, ačkoliv není vyloučeno obecné využití i pro jiné město.

Na odbor hlavního architekta byl zaslán dotazník, prostřednictvím kterého byla zmapována situace ve městě. Vyplněný dotazník je v práci uveden jako Příloha 1. Centrum města nemá zásadní problém s tranzitní dopravou kromě několika izolovaných míst, která však leží mimo citlivé zóny (například křižovatka u Parama), které by se, podle názoru pracovníka odboru hlavního architekta, daly vyřešit prostřednictvím obchvatů, navržených v současném územním plánu, platném do roku 2015. V ranní a odpolední špičce vznikají menší kongesce (v řádu několika minut), při kterých je kvalita dopravy zhoršena. Této situaci lze předcházet alternativními cestami, podpořenými sídelní strukturou. Z hlediska veřejné dopravy je za největší problém považována absence přestupního uzlu (možnou alternativou je Masarykovo náměstí). Ve městě Pardubice jsou na několika místech definována časová okna pro zásobování, ale dle odpovědi v dotazníku zatím nejsou nastavena vhodně, funguje zákaz vjezdu do centrální části města. Nejvýraznější dopravní omezení je na ulici Třída Míru, kde platí omezený vjezd vozidel v časových oknech 5 – 9 hod. a 18 – 21 hod. pouze pro vozidla s platným povolením od Magistrátu města Pardubice a městské části Pardubice 1 (bylo vydáno na 300 celoročních povolení a cca 5000 povolení jednorázových). Zásadní problém však není pouze zásobování, ale osobní vozidla majitelů provozoven na této třídě, kde je 84 provozoven. Většina z nich by mohla být zásobena prostřednictvím MDC. Výrazným cílem pro dopravní obslužnost je obchodní dům Tesco a obchodní centrum AFI Palace. Oběma subjektům byl zaslána obdoba dotazníku pro provozovny na řešeném území. Protože otázka zásobování je značně citlivé téma, autorce se podařilo získat pouze informace od obchodního domu Tesco. Detailně budou dotazníky rozebrány v kapitole 5.2 Dotazníkové šetření. Třída Míru bude zahrnuta do atrakčního obvodu řešené oblasti.

Město Pardubice nemá svůj informační portál, kde by byli dopravci informováni o nákladní dopravě případně jejich omezeních. Omezení vjezdu na základě ekologických norem v Pardubicích není ani uplatňováno ani není plánováno. Zásadní problém je spatřován ve vymáhání a penalizaci za nedodržení dopravních restrikcí, které uplatňuje městská policie. Režim zásobování není dodržován, město se dále potýká s problémem, kdy na vyhrazených



zónách vyjmutých ze zákazu vjezdu parkují i jiná než zásobovací vozidla, případně tato vozidla zde parkují po dobu výrazně delší, než by bylo nutné a druhým nepřímým problémem je to, že neexistuje ucelený plán, harmonogram, podle kterého by se začaly řešit problémy spojené s nákladní dopravou ve městě. Toto je z velké části dáno i tím, že buď každý obvod, či jednotlivé odbory si problémy řeší individuálně a není zde jednoznačný koncept zaměřený na dopravní plánování. V roce 2008 byla vybraným zástupcům města představena vize city logistické obsluhy města prostřednictvím MDC. Zástupci města zájem projeví, zejména o legislativní rámec problematiky a o možnost, jak zapojit co nejvíce obchodníků. Projekt však byl modelově řešen pro jiná města než Pardubice. (8) Za současných podmínek sice není reálná okamžitá změna systému zásobování, ale jak vyplynulo i z osobního pohovoru se zástupcem odboru hlavního architekta, vize i nápad by ve městě našel své zastánce a v budoucnu by se jím město, potažmo odbor hlavního architekta mohl zabývat. Z tohoto důvodu bude mít tato disertační práce teoretickou podobu, bude zaměřena na optimalizaci trasy a vytvoření podkladu pro manažerské rozhodování zda přistoupit k zásobování prostřednictvím MDC či nikoliv. V současné době není reálné, aby na stávajících legislativních základech bylo možné nutit obchodníky k zapojení do alternativního systému. Autorka se však domnívá, že v případě postupného zavádění city logistických opatření v ČR, které navrhuje v následujících kapitolách, by se přístup k MDC výrazně změnil.

#### **1.4 Závěr souhrnu city logistických přístupů**

Vzhledem ke zkušenostem a současnému stavu city logistiky v ČR je tato práce postavena na zahraničních přístupech. Z představených opatření se autorce jeví jako vhodné vytvořit koncept MDC pro města Pardubice a Hradec Králové. Práce má teoretický charakter z důvodu, že v současnosti se city logistika v ČR řeší velmi individuálně a chybí zde legislativní podpora veřejné logistiky. Kromě MDC autorka využije optimalizace trasy tak, aby konsolidované zbožové toky byly dopraveny reálně menším počtem vozidel, právě v důsledku sdružování, optimalizace trasy i s ohledem na časová okna.

City logistika je velmi obsáhlé téma a je nad rámec této práce uvést všechny přístupy a koncepty možných řešení. V podstatě lze říci, že neexistuje univerzální řešení, vždy se musí přihlížet k místním podmínkám dané lokality, proto pro území České republiky, byla vybrána Pardubicko-hradecká aglomerace, na které si autorka předpokládanou optimalizaci trasy ověří. Model trasy bude ověřen i přes softwarové prostředí a jeho výsledky pak budou konfrontovány se současným přístupem k zásobování na principu „od mnohých-mnohým“.

Zhodnotí se, zda budou mít navržená city logistická opatření dostatečný ekonomický a ekologický potenciál, aby mohla být v budoucnu využita.

Vzhledem k tomu, že city logistika je v ČR vnímána v podstatě negativně a není koncepčně řešena, je vhodné definovat přípravu a jednotlivé fáze, které by měly předcházet zavedení podobného konceptu, kterým se autorka práce zabývá. V první řadě je nutné vyřešit otázku tranzitní dopravy. Samotná city logistika řeší nebo by měla řešit pouze problémy vzniklé při dopravně-logistické obsluze, nikoliv těžkou nákladní dopravu. V ČR jsou města, která mají zásadní problémy s tranzitem, jedná se spíše o menší města do 50 tisíc obyvatel umístěných na frekventovaných pozemních komunikacích I. a II třídy. Tranzitní dopravu i zbytnou dopravu lze usměrnit dopravními restrikcemi. Zde se však naráží na zásadní problém a tím je legislativní rámec. V rámci ČR a §23, odst. 4, Zákona o pozemních komunikacích 13/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů je umožněno obcím pro účely organizování dopravy na území obce, v nařízení obce, vymežit oblasti obce s časovým a druhovým omezením činností. V nařízení obce, nebo i dotčené městské části se stanoví druhy a kategorie silničních vozidel, vymezí se časová okna a činnosti, které jsou předmětem omezení. Vhodně zvolené časové intervaly pro zásobování snižují kongesce v definované oblasti. Nejčastěji je zásobování prováděno v době mimo dopravní špičky. Stejný zákon obsahuje i protiargument těchto opatření, v §19, odst. 1, je uvedeno, že každý smí využít pozemní komunikaci pro účely, pro které byla zřízena. Z tohoto důvodu a právní argumentace, nelze bezdůvodně zakázat vjezd nákladních vozidel na určité pozemní komunikace. (13)

V současnosti se však legislativní situace začíná pomalu měnit k lepšímu. Ministerstvo životního prostředí ČR vypracovalo nařízení, které by v konečném důsledku mělo značně omezit vjezd vozidel starší výroby. V červnu roku 2012 proběhlo připomínkové řízení. Prozatím není jasné, v jakém časovém horizontu by mohlo být toho nařízení uvedeno v platnost. Princip eliminace by spočíval v tom, že by se vytvořily kategorie vozidel dle stáří a ekologických norem. Vozidla s rokem výroby starším než je rok 1997 by vjezdová povolení nezískala. Každé vozidlo by muselo mít na předním skle plaketu v různém barevném provedení. Právě barva bude určující pro povolení/nepovolení vjezdu označeného vozidla. Například vozidlo vyrobené po roce 2006 bude mít barvu plakety zelenou. Obce si na základě nařízení budou moci definovat nízkoe emisní zóny. Pro jejich vyhlášení budou platit dvě všeobecné podmínky. První je, že se obec musí nacházet v oblasti se znečištěným ovzduším a tou druhou, pak možnost volby náhradní objízdné trasy. Předpokládá se, že tohoto nařízení

využijí hlavně lázeňská města nebo městské části, které mají ve svém obvodu historické památky. V oblasti legislativy je mnoho diskutabilních míst, která značně omezují možnosti zavádění city logistických opatření v České republice, ať již z hlediska dopravních restrikcí a jejich vymáhání, tak i pro využití MDC. (14)

Další fází po vyřešení legislativních záležitostí pro omezení vjezdu vozidel, je zbytná doprava. Její zdroje a cíle je pro potřeby city logistiky nutné konsolidovat, případně konsolidovat produkované zbožové toky. Konsolidace cílů je otázka vytěšňování například obchodních center mimo citlivé zóny, případně koncepce měst jejich územní plány, které by vyloučily stavby výrobních hal nebo podniků. V případě, že již nebude možné ovlivnit skladbu cílů, je nasnadě řešit samotné materiálové toky. Jejich distribuci, parametry vozidel pro zásobování, principy dodávek a podobně. Zde pak nastane prostor pro dopravní restriktce globálního ale i místního charakteru, která již budou mít zákonnou podporu.

V poslední fázi by na řadu přišly opatření typu blízkého doručovacího obvodu, alternativního doručení zásilek, nebo využití městského distribučního centra. U alternativního řešení svozu a rozvozu zásilek a využití tzv. nákladních tramvají je nutné zohlednit nejen technickou základnu tramvajové dráhy v daném městě, ale je nutné přihlídnout i k navazující infrastruktuře, manipulačním kolejím, vlečkám vedoucím do areálu apod. Rozhodnout, zda se bude využívat vlečky, nebo přímo obsluhy z trati. S tím souvisí k prostorové nároky řešení. Proto je v českých podmínkách toto řešení víceméně nereálné a autorka se jím nebude v práci dále zabývat.

## **2 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE**

Základem práce je podrobná analýza současných metod pro řešení svozně-rozvozního problému s obsluhou vrcholů. V disertační práci je aplikována nejvhodnější z těchto metod pro vytvoření modelu obsluhy v city logistice.

Jsou definována opatření pro city logistiku v závislosti na velikosti městské zóny, s ohledem na obslužná vozidla, materiálové toky, přepravní jednotky, včetně zohlednění časových oken pro zásobování apod.

**Cílem disertační práce je návrh modelu dopravní obsluhy městského segmentu, který by měl prokázat, že city logistická opatření mají zásadní význam a jejich zavedení zefektivní zásobovací systém s ohledem na udržitelný rozvoj dopravy, sníží dopady na životní prostředí a zklidní dopravu v citlivých zónách.**

V odborné práci (1) byly stanoveny hypotézy:

- Zavedení modelu obsluhy pro city logistiku má pozitivní ekonomický, technologický a ekologický dopad a povede k racionalizaci dopravní obsluhy na vybraném území.
- Jsou pro obsluhu v city logistice vhodnější modulové systémy kombinované přepravy, nebo systémy konvenční přepravy.

Hypotézy budou potvrzeny nebo vyvráceny na základě řešení modelového příkladu v disertační práci. Zavedení city logistiky zcela zásadně mění přístupy k obsluze velkých měst a městských aglomerací.

### 3 ANALÝZA METOD PRO ŘEŠENÍ PROBLÉMU

K řešení problematiky dopravní obsluhy vybraného území se často využívá metod operačního výzkumu, konkrétně vybrané metody teorie grafů a lineárního programování. V této kapitole bude provedena deskripce základních pojmů teorie grafů, které je nutné definovat pro následné řešení svozně – rozvozního problému ve větších městech.

#### 3.1 Definice základních pojmů

Město a jeho prostorové uspořádání, rozmístění zákazníků, kteří jsou předmětem obsluhy, dopravní síť a její omezení lze definovat pomocí smíšeného grafu. Nechť graf  $G$  je dán uspořádanou trojicí  $G = (V, X, p)$ , kde prvky množiny  $V$  reprezentují vrcholy grafu  $G$ , prvky množiny  $X$  jsou **neorientované hrany** grafu  $G$  a  $p$  **incidencí** grafu  $G$ . V kontextu city logistiky je vhodnějším pojmem smíšený graf  $G = (V, E, p)$ ,  $E = X \cup Y$ . Smíšené grafy lépe popisují městskou síť komunikací se všemi dopravními omezeními. **Orientovaný graf**  $G = (V, Y, p)$  je dán uspořádanou trojicí  $G = [V, Y, p]$ , kde je množina  $V$  množinou vrcholů a množina  $Y$  množinou orientovaných hran grafu, která je tvořena **uspořádanou dvojicí**  $[u, v]$ , kde  $u, v \in V, u \neq v$ . Je-li  $h = [u, v]$  orientovanou hranou, kde  $u, v \in V$ , pak je vrchol  $v$  nazýván **následovníkem** vrcholu  $u$  a vrchol  $u$  **předchůdcem** vrcholu  $v$ . Nemá-li vrchol žádný sousední vrchol, nazývá se **izolovaným** a totéž platí i o hranách. Je-li každá dvojice vrcholů spojena hranou, pak se jedná o **kompletní graf**. O **smíšeném** grafu lze hovořit v případě, že se zde vyskytují orientované i neorientované hrany. V city logistickém pojetí jsou pak vrcholy grafu obsluhovaní zákazníci (obchodníci, přímí spotřebitelé, ale i místa zdrojů) a hrany představují úseky pozemních komunikací městské dopravní sítě včetně jejich omezení, která lze jednoduše vyjádřit pomocí jejich orientace. V grafu  $G$  je pro každou hranu  $h \in X$  definováno ohodnocení hrany  $o(h)$ . Jedná se o nezáporné číslo, které vyjadřuje její délku, popř. propustnost, kapacitu, ale také důležitost či prioritu obsluhy. **Stupeň vrcholu** neorientovaného grafu  $st(v)$  udává počet hran incidujících s daným vrcholem  $v$ , pro  $v \in V$ . (15)

Graf  $G$  je souvislý, pokud mezi libovolnou dvojicí vrcholů existuje cesta.

Nechť existuje střídatá posloupnost vrcholů a hran a na grafu  $G = (V, X, p)$  mezi vrcholy  $u, v \in V$  jako  $a = v_0, h_1, v_1, h_2, \dots, v_{n-1}, h_n, v_n$ ,

$$\begin{aligned} \text{kde } h_i \in X, p(h_i) = (v_{i-1}, v_i) \text{ pro } i=0, 1, \dots, n, \\ v_i \in V \text{ pro } i = 0, 1, \dots, n, \\ v_0 = u, v_n = v, \end{aligned} \tag{3.1}$$

potom je nazývána posloupnost  $a$  **sledem** grafu  $G$  mezi vrcholy  $u, v$ . Sled je nazýván **tahem**, nevyskytuje-li se v posloupnosti žádná hrana vícekrát než jednou. V případě, že jsou všechny vrcholy  $v_i \in V$  pro  $i = 0, 1, \dots, n$ , navzájem různé, je posloupnost označena pojmem **cesta**. Jestliže platí, že  $u = v$  pak se jedná o **uzavřený** sled, tah nebo cestu. Uzavřená cesta je pak nazývána **kružnice**. **Souvislý** graf je takový, kde mezi libovolnou dvojicí vrcholů  $u, v \in V$  existuje alespoň jedna cesta. Pokud je v grafu  $G$  více hran s totožnými krajními vrcholy (multihrany), pak se takovýto graf nazývá **multigrafem**. (15)

Eulerovským grafem je nazýván neorientovaný graf, jehož každý vrchol má sudý stupeň a lze na něm sestavit uzavřený eulerovský tah (E-tah). Eulerovský tah je hledán při řešení svozně-rozvozního problému s obsluhou hran a jeho nalezení, společně s hamiltonovskou kružnicí<sup>1</sup>, základem metodiky dopravní obsluhy v city logistice. Z definice tahu vyplývá, že jde o posloupnost vrcholů a hran, kde je každá hrana procházena pouze jednou. Pokud začíná a končí ve stejném vrcholu, jedná se o uzavřený E-tah, v případě existence právě dvou vrcholů lichého stupně se jedná o tah otevřený. Uzavřený E-tah je popsán posloupností  $v_0, h_1, v_1, h_2, \dots, v_{i-1}, h_i, \dots, v_{n-1}, h_n, v_n$ , kde hrana  $p(h_i) = (v_{i-1}, v_i)$ ,  $h_i \in X$  a  $v_0 = v_n$ ,  $i = 0, 1, \dots, n$ . Pokud je graf  $G$  **neorientovaný**, pak v grafu existuje neorientovaný uzavřený E-tah právě tehdy, pokud je každý vrchol grafu sudého stupně. V případě, že graf  $G$  je **orientovaný**, pak v grafu  $G$  existuje orientovaný uzavřený Eulerovský tah právě tehdy, pokud pro každý uzel grafu platí, že počet hran vstupujících do uzlu je roven počtu hran z uzlu vystupujících, graf je tzv. symetrický.

Pro nalezení E-tahu na grafech je nutné definovat pojem **most**. Jedná se o hranu, jejímž odstraněním se graf rozpadne na dvě a více **komponent**. Pro nalezení E-tahu na E-grafu lze využít Fleuryho algoritmus, který přidává do E-tahu hrany, které nejsou ve zbývajícím grafu mostem.

---

<sup>1</sup> Hamiltonovská kružnice je podgraf grafu  $G$  - kružnice (cyklus), který prochází každým vrcholem grafu (15)

Nejkratší (minimální) cestou mezi vrcholy  $u$  a  $v$  na grafu  $G = (V, X, p)$ , kde  $u, v \in V$  je cesta  $m^*(u, v)$  na množině  $M$  všech možných cest mezi vrcholy  $u$  a  $v$  pro kterou platí:

$$\sum_{h \in m^*(u, v)} o(h) = \min_{m(u, v) \in M} \left\{ \sum_{h \in m(u, v)} o(h) \right\} \quad (16) \quad (3.2)$$

Nejkratší cestu lze vypočítat např. metodou zdvojené kostry grafu. Na grafu  $G = (V, X, d)$ , kde  $d$  je délkové ohodnocení hran, je **kostra grafu** libovolný graf  $G' = (V, X')$ , který **neobsahuje cykly** a je faktorovým podgrafem grafu  $G$ . Faktorový podgraf je definovaný jako podgraf, který se od svého grafu liší v hranové množině  $X'$ , která je podmnožinou hranové množiny původního grafu, vrcholová množina zůstává stejná.

### 3.2 Svozně-rozvozní úlohy a metody jejich řešení

Metody pro řešení svozně-rozvozních problémů lze rozdělit na heuristické a exaktní. Rozdíl je v poskytovaných řešeních, časové a výpočetní náročnosti algoritmů. Heuristické metody většinou neposkytují optimální řešení a zpravidla nalézají lokální extrém řešení. Naproti tomu, exaktní metody sice poskytují optimální řešení, ale jejich výpočetní složitost a programová náročnost je mnohem větší než u heuristik. Heuristické algoritmy se používají hlavně pro řešení NP-těžkých úloh, kde není znám polynomiální algoritmus. V poslední době se při řešení problémů využívá metaheuristických metod, které jsou za určitých okolností schopny opustit lokální extrém a tím se posunout blíže k optimálnímu řešení, ovšem ani tyto metody nejsou schopny zaručit nalezení optimálního řešení. Mezi metaheuristiky patří genetické algoritmy, metoda simulovaného žíhání a zakázaného prohledávání.

Pokud je na svozně - rozvozní úlohy nahlíženo jako na problematiku obsluhy hran a vrcholů, lze je rozdělit, podle toho, která varianta obsluhy je volena. V **problému obchodního cestujícího** se obsluhují vrcholy a v **úloze čínského pošťáka** je nutné najít nejkratší uzavřený sled, který prochází každou hranou obsluhy grafu  $G$  alespoň jednou. (16)

#### 3.2.1 Úloha čínského pošťáka

Problém čínského pošťáka je orientován na obsluhu hran. V roce 1962 čínský matematik Kwan definoval problém tzv. čínského pošťáka. Již z názvu je patrné, že se jedná o obsluhu hran, kde pošťák musí projít všechny hrany ve svém atrakčním obvodu tak, aby urazil minimální vzdálenost a aby se vrátil zpět do výchozího místa, resp. vrcholu. Hledá se tedy uzavřený eulerovský tah. Existují dvě hlavní skupiny problémů zahrnující úlohy čínského pošťáka. První je problém příměstského (dále jen **RPP – Rural Postman Problem**) a problém čínského pošťáka (dále jen **CPP – Chinese Postman Problem**). Oba typy lze řešit

jak pro orientovaný, tak i pro neorientovaný graf s tím rozdílem, že RPP je původně koncipovaný pro „doručování zásilek“ i mimo město, takže některé hrany grafu jsou použity pouze pro přechod mezi okolními vesnicemi a nemusí být tedy obslouženy.

Pro nalezení E-tahu na neorientovaném grafu slouží Fleuryho algoritmus, popřípadě algoritmus koncového párování. Jak již bylo zmíněno výše Fleuryho algoritmus je založen na ověřování, je-li použitá hrana mostem nebo nikoliv. Pokud mostem není, je zařazena do E-tahu. Fleuryho algoritmus se používá i v případě, že graf obsahuje dva vrcholy lichého stupně, kdy jsou tyto dva vrcholy spojeny násobnou hranou, kterou se projde jako první. Po dokončení uzavřeného E-tahu, je tato přidaná hrana vypuštěna, a tím vznikne otevřený E-tah. (15)

RPP lze řešit i s ohledem na kapacitní omezení vozidla  $K$ , pro stejnorodý vozidlový park. Řešením je pak **CARP – Capacitated Arc Routing Problem**. Tento problém je obdobný k RPP, kdy je na grafu stanoven jeden výchozí vrchol, ze kterého je uskutečňovaná obsluha hran. Hrany mají nezáporné celočíselné ohodnocení představující nikoliv vzdálenost, jak je standardní, ale jejich materiálový požadavek. Je hledána množina tras, které obslouží dané vozidlo s kapacitou  $K_m$  tak, aby každá hrana byla obsloužena právě jedním vozidlem, přičemž počet vozidel  $m$  je buď pevně dán, nebo se zjišťuje. CARP se řadí do kategorie NP-těžkých problémů, za předpokladu, že  $K_m$  kapacita vozidla je vždy větší nebo rovna celkovým požadavkům hran. (17)

CARP může být využit i pro další omezení z hlediska času obsluhy, kdy lze pro případ **CARP-TW - Capacitated Arc Routing Problem – Time Windows** počítat i s časovým intervalem, časovým oknem, pro obsluhu dané hrany. Tento problém má již extrémní výpočetní složitost, která je závislá na počtu obsluhovaných hran a velikosti intervalů časových oken. (18)

### **3.2.2 Úloha obchodního cestujícího**

Pro řešení matematického problému v disertační práci, tedy obsluhy vybraného území, je vhodnější výběr problému obchodního cestujícího. Název vychází z úlohy, kterou řeší obchodní cestující, který musí navštívit a obsloužit dané zákazníky, kteří jsou umístěni ve vrcholech grafu tak, aby každý vrchol prošel právě jednou, a poté se vrátil do místa, odkud vyšel, a celková projetá vzdálenost byla minimální. Pod pojmem vrcholy si lze představit jednotlivé zákazníky city logistického systému, včetně výchozího logistického centra, které je v teorii grafů nazýváno depem, nebo-li střediskem obsluhy. S ohledem na složitost sítě je nutné volit výpočetní algoritmus. V případě, že se jedná o úlohu v rozsahu stovek vrcholů, lze



problém řešit některým z enumerativních algoritmů. Pokud však bude úloha rozsáhlejšího charakteru, je nutné použít heuristickou metodu. (18)

### 3.2.3 *Clarke-Wrightova metoda*

Problém obchodního cestujícího bývá často rozšířen na tzv. problém okružních jízd. Základem je obsluha zákazníků v atrakčním obvodu, přičemž je nutné brát zřetel na kapacitní omezení používaného dopravního prostředku a hmotnostní požadavky jednotlivých vrcholů, řeší ji heuristická Clarke-Wrightova metoda z roku 1964, popř. její dílčí procedura Merge. Na počátku je nutné vyjít z podmínek přípustnosti řešení:

- každý zákazník musí být v rámci jedné trasy obslužen právě jednou,
- musí být respektována kapacita vozidlového parku.

V druhé fázi je nutné začlenit individuální podmínky v obsluhované lokalitě jako respektování časových, kvalitativní a technologických požadavků zákazníků, ale také zákonná pracovní doba osádek.

Vychází se z předpokladu, že bude okružní jízda řešena pro diskrétní množinu vrcholů na smíšeném grafu  $G = (V, E, p)$ , kde prvky množiny  $V$  reprezentují vrcholy grafu  $G$ , prvky množiny  $E$  je množina orientovaných a neorientovaných hran grafu  $G$  a  $p$  incidencí grafu  $G$ . Vrchol  $v_0$  je depem a představuje výchozí logistické centrum a vrcholy  $v_i \in V$  pro  $i = 1, \dots, n$  jsou zákazníci city logistického systému se svými požadavky. Následně je hledána taková okružní jízda, aby požadavek každého vrcholu byl uspokojen **právě** jednou jízdou vozidla, za současného předpokladu minimalizace přepravních nákladů (časových i kilometrických).

Samotná metoda vychází ze sestavení **matice vzdáleností** na grafu  $G$  (míst spotřeby)  $D_{ij} = (d_{ij})$ , kde  $i, j = 0, 1, \dots, n$ ;  $n = |V|$ .

Ze vzdálenostní matice lze vyčíst hodnoty elementárních tras mezi výchozím vrcholem a každým dalším vrcholem, tedy  $v_0-v_i-v_0$  pro  $i = 0, 1, \dots, n$  a přiřadit k nim i časové nároky případné přepravy dle vzorce (3.3).

$$\frac{2 * d_{0i}}{c} + q_i * t \quad [\text{h}] \quad (19) \tag{3.3}$$

kde  $c$  ..... průměrná rychlost vozidla na síti [km/h]

$t$  ..... doba potřebná k vyložení jednotkového množství přep. materiálu z vozidla [h]

$q_i$  ..... množstevní požadavek vrcholu  $v_i$ , kde  $i = 1, \dots, n$  [t]

Ve vztahu (3.3) je zahrnuta manipulace s materiálovou jednotkou a zohledněna třída používané pozemní komunikace, která se promítne do průměrné rychlosti vozidla na síti. **Maticí vzdáleností** je přepočítána na matici úspor  $U_{ij} = (u_{ij})$ , pro  $u_{ij} = d_{0i} - d_{ij} + d_{0j}$  (3.4) kde  $d_{0i,j}$  je vzdálenost mezi zásobovacím skladem a i-tým/j-tým spotřebitelem,  $d_{ij}$  je jejich vzájemná vzdálenost. Protože se jedná o matici úspor, je nutné se orientovat na  $\max(u_{ij})$ , na největší úsporu kilometrů. V zadání je stanovena velikost požadavků jednotlivých míst spotřeby a předpokládá se, že rozvoz bude uskutečněn pouze ze skladu do jednoho každého místa spotřeby. Když z matice úspor vybrána  $\max(u_{ij})$  a sdruženy trasy dohromady dle indexů  $v_0 \rightarrow v_i \rightarrow v_j \rightarrow v_0$ , vznikne cesta, která má **největší** úsporu ujetých kilometrů. Pokud vyhovuje součet požadavků i-tého a j-tého spotřebitele kapacitě dopravního prostředku, je sdružení správné. V opačném případě se trasy nesdruží. Krok se opakuje ve zbývajících prvcích matice  $U_{ij}$ . Přidružování vrcholu může probíhat pouze na začátku nebo na konci posloupnosti. Pokud by se přidružil uprostřed, byla by změněna již stanovená úspora. Tento postup se iterativně opakuje, dokud není vyčerpána kapacita dopravního prostředku nebo je vyčerpána matici úspor  $U_{ij}$ . Při použití je nutné neopomenout fakt, že metoda je heuristická a zpravidla neposkytuje optimální řešení, ale pouze jemu blízka. Pro složitější sítě je řešením algoritmus profesorů Tillmana a Caina. (20)

### 3.2.4 *Metoda zdvojené kostry*

V následujícím oddíle bude popsána metoda zdvojené kostry, kterou lze použít pro nalezení minimální cesty na grafu. **Kostra** grafu  $G = (V, X, d)$  s **délkovým ohodnocením**  $d$ , je pak **faktorový podgraf**  $G' = (V, X')$ , kde platí, vrcholové množiny jsou totožné a hranová množina  $X'$  je podmnožinou  $X$ ,  $X' \subset X$ . Počáteční krok pro sestrojení minimální kostry grafu  $G$  je výběr hrany  $h'$ ,  $h' \in X$ , pro kterou platí, že  $o(h') = \min_{h \in H} \{o(h)\}$ , ta se zařadí do kostry grafu,  $h' \rightarrow X'$  jako první. Takto se iterativně postupuje a zařazují se hrany s nejmenším délkovým ohodnocením tak, aby při jejich zařazení nevznikla kružnice. Postup se opakuje do té doby, pokud je možné vybrat hranu, jejímž zařazením kružnice nevznikne. Hodnota minimální kostry se zjistí součtem délkových ohodnocení zařazených hran. (15)

Metoda zdvojené kostry je v principu obdobná jako při sestrojení minimální kostry. V grafu  $G = (V, X, d)$ , kde je definovaná množina vrcholů  $V$ , množina hran  $X$  a  $d$  představuje délkové ohodnocení hran. Na grafu  $G$  se sestrojí minimální kostra  $G'$  podle předchozího postupu. Na takto vzniklém podgrafu se vytvoří E-tah tak, že se zdvojí každá hrana zařazená do kostry. E-tah stanoví přesnou posloupnost vrcholů pro výchozí řešení sledu  $a$ . Následuje

postupné procházení hran  $h \in X$ , které nejsou do E-tahu zapojeny a zjišťování, zda jejich zapojení a vyřazení jiných nepřinese délkovou úsporu. Pokud by se našla hrana, která úsporu přinese, zařadí se do tahu a pokračuje se v novém prohledávání. Jestliže se projdou všechny hrany a úspora se nenalezne, algoritmus se ukončí. (21)

Na podobných principech pracují i algoritmy blízké metodě zdvojené kostry jako metoda nejbližší sousedů.

### **3.2.5 Přirazovací problém**

Ačkoliv by se zdálo, že do problematiky okružních jízd, sestavy optimální trasy nelze zahrnout řešení přirazovacího problému, opak je pravdou. Přirazovací problém lze při systematické interpretaci použít i pro řešení optimalizace trasy obsluhy z MDC. Řešení bude probíhat v MS Excel, kde bude zároveň využito nástroje Řešitel.

Přirazovací problém lze charakterizovat jako úlohu, při které se řeší vzájemné přiřazení dvojice prvků diskretních množin tak, aby došlo k co největší úspoře, případně kýženému efektu. Úloha by mohla být formulována jako přiřazení vozidla dané trase tak, aby byly splněny časová okna, dodržena kapacita vozidel a každý zákazník, aby byl obslužen právě jednou.

V klasickém přirazovacím problému jsou definovány dvě množiny, množina zákazníků ( $A = \{1, 2, \dots, m\}$ ) a množina dodavatelů ( $B = \{1, 2, \dots, n\}$ ) s jejich požadavky nebo nabídkou. Dále matice  $C = (c_{ij})$ , kde  $c_{ij}$  je ocenění přiřazení prvku. Úkolem je přiřazení vozidla tak, aby vznikly minimální náklady a byli obsluženi všichni zákazníci. Do účelové funkce vstupuje bivalentní proměnná  $x_{ij}$ , která určuje zda přiřazení proběhne či nikoliv. (21)

Tuto matematickou úlohu je nutné modifikovat pro potřeby řešení disertační práce.. Obecnou formulaci mat. modelu je možné najít například v (41). Dle dělení z (41) se jedná o optimalizaci z jednoho střediska, jedním nebo více vozidly, typ vozového parku je homogenní, povaha požadavků je deterministická a umístěny jsou ve vrcholech a dopravní síť je smíšená (zohledněno ve vzdálenostní matici). Použitý model i se všemi případnými úpravami reagujícími na konkrétní podmínky bude matematicky formulován v návrhové části disertační práce v kapitole 6.

### **3.2.6 Metaheuristické metody, genetický algoritmus**

Negativní vlastností, kterou se vyznačují heuristické metody, je že většinově neposkytují optimální, ale pouze suboptimální řešení. Meta-heuristika je díky svému principu schopna dosahovat lepších řešení. Za určitých podmínek je totiž schopná opustit lokální

extrém a prohledávat další oblast přípustných řešení. V případě, že se zkombinuje s některou s přijatelných metod pro počáteční řešení, může toto řešení zlepšit. Vstupním počátečním řešením pro metaheuristiku se stane výstup z heuristiky. Existuje několik metaheuristik jako zakázané prohledávání nebo simulované žíhání, ale pro případ city logistické obsluhy se jeví jako vhodný nástroj tzn. **genetický algoritmus**. (22)

Genetický algoritmus pracuje na principu evolučních procesů v přírodě, jako jsou dědičnost, mutace, přirozený výběr a křížení, jenž jsou zároveň i algoritmickými dílčími součástmi.

Postup:

- zakódování řešení úlohy ve tvaru tzv. chromozomu (stavebními prvky chromozomu jsou geny) a přiřazení fitness hodnoty (reprezentuje míru kvality řešení, tj. hodnotu účelové funkce) každému chromozomu,
- vytvoření počáteční populace (tj. množiny chromozomů),
- výběru jedinců k reprodukci (na základě jejich fitness hodnoty),
- procesu reprodukce (pomocí operátorů křížení a mutace),
- vytvoření nové generace,
- opakování procesu simulované evoluce až do doby, dokud není dosaženo požadované hodnoty účelové funkce nebo předem definovaného počtu generací.

Na počátku je tzv. **populace**, kde každý **jedinec, který je reprezentován chromozomem**, představuje jedinečné řešení problému. Právě toto řešení bude výstupem například z Clark-Wrightova algoritmu. Po stochastickém výběru různých jedinců jsou stávající **chromozomy**, přes jednotlivé procesy **křížení** a **mutace**, přetransformovány na jedince nové a vytvořena nová populace. Tento postup se následně iterativně opakuje, než se nalezne požadované **suboptimum** nebo se provede požadovaný počet iterací.

**Genetický algoritmus** je založen na vhodné reprezentaci dat potenciálního řešení problému a musí obsahovat definici výměny informací, která vytváří z rodičovských řešení nová řešení – potomky. K hlavním parametrům algoritmu patří velikost populace (počet chromozomů) a pravděpodobnost mutace a křížení, počet iterací, limity fitness funkce. Nejlepší nově vytvořené chromozomy se mohou případně všechny převzít do nové populace, a i nejlepší rodičovské chromozomy mohou přežít (ale jen malé procento z nich, aby se neohraničil prostor prohledávání). Další výhodou genetických algoritmů je jejich aplikovatelnost na mnoho praktických úloh jako je lokace centra, rozvrhy pro stroje

v továrnách, problémy z manažerské oblasti, protože GA je v podstatě jen nástroj, jak vylepšit stávající řešení. Jeho zásadní nevýhoda je v nutné znalosti vstupních parametrů. (22)

### 3.3 Metoda váženého součtu

Vzhledem k tomu, že v této práci bude nutné řešit otázku výběru vhodného dopravního prostředku, je oprávněné zmínit se i o metodě vícekriteriálního rozhodování. Metod, které řeší tuto problematiku je mnoho. Pro potřeby práce se autorka rozhodla detailněji zabývat Metodou váženého součtu (Weighted Sum Approach – dále jen WSA) a diskretním modelem výběru ze  $i$  variant obslužných vozidel. Princip metody spočívá v tom, že definuje diskretní množina variant, na které probíhá vícekriteriální rozhodování. Dále je nutné definovat  $j$  kritérií podle, kterých se jednotlivé varianty hodnotí. Každá varianta pak nabývá pro určité kritérium kriteriální hodnotu  $y_{ij}$  a tvoří kriteriální matici  $Y_{ij}$ . Vhodným počtem je 5-7 kritérií, jejichž význam pro hodnotitele je dán jejich vahou, respektive vektorem vah. Kritéria jsou dvojího typu – maximalizační nebo minimalizační. Před zahájením výpočtové fáze je nutné, aby se kritéria ujednotila. Proto se převádí minimalizační na maximalizační typ a to tak, že se současné kriteriální hodnoty nahradí hodnotami, které reprezentují „vzdálenost“ dané hodnoty od nejhorší hodnoty pro dané kritérium, tedy rozdílem daného prvku matice a nejhorším prvkem pro dané kritérium. Nejhorší hodnota pak po tomto přepočtu nabude hodnoty 0. V případě, že je mezi variantami vyskytne varianta dominovaná<sup>2</sup> vyloučí se. Následujícím krokem metody WSA je vytvoření ideální a bazální varianty, které obsahují ve všech kriteriálních hodnotách, hodnotu nejlepší případně nejhorší. Tyto hodnoty slouží k převedení kriteriální matice na matici normalizovanou s prvky ( $r_{ij}$ ). Podle vzorce (3.5) je přepočet uskutečněn.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (25) \quad (3.5)$$

kde  $D_j$  je bazální hodnota  $j$ -tého kritéria,  $H_j$  je ideální hodnota  $j$ -tého kritéria a  $y_{ij}$  je přepočítávaná kriteriální hodnota pro  $i$ -tou variantu a  $j$ -té kritérium. Nejlepší varianta je pak hodnocena dle vzorce (3.6), který vyjadřuje hodnotu užitku na základě vah jednotlivých kritérií.

$$u(y_i) = \sum_{j=1}^n v_j \cdot r_{ij} \quad (25) \quad (3.6)$$

---

<sup>2</sup> je taková varianta, která má všechny hodnoty kritérií alespoň stejně dobré a minimálně jednu hodnotu lepší

kde  $v_j$  je váha daného kriteria,  $r_{ij}$  je hodnota  $i$ -té varianty pro  $j$ -té kriterium v normalizované matici. Varianta, která dosáhne maximální hodnoty užitku je pak vzata jako nejlepší.(25)

### **3.4 SWOT analýza**

Pro porovnání lokací MDC bude využita tzv. SWOT analýza. Jedná se o souhrnný pohled na řešený objekt, místo nebo proces. Pojmenování je výsledkem posloupnosti počátečních písmen anglických názvů sledovaných parametrů. Skládá se ze dvou základních částí interní část, zaměřená na silné a slabé stránky (Strengths and Weaknesses) a externí část, zkoumající potencionální příležitosti a hrozby (Opportunities and Threats). (36) Pro kvantifikování výsledků SWOT analýzy, se provádí přepočty bodového ohodnocení vynásobením s váhovým ohodnocením daného faktoru. Pro potřeby práce, kdy cílem použití SWOT analýzy je vyjádření silných a slabých stránek a možností jejich eliminace, nebude proveden přepočet hodnot. Výstupem analýzy bude tabulkové slovní hodnocení.

### **3.5 Software nástroj pro ověření výsledků**

V současné době existuje několik softwarů, které řeší danou problematiku jako například (za odrážkou uveden název firmy):

- TransCAD (řešení VRP, ARP, síťová analýza, plánování v dopravě) - Caliper Corporation,
- NetOpt (produkt DFJP),
- StreetSync (řešení VRP) – Route Solution, Inc.,
- JOpt.NET Vehicle Routing Software Library – DNA evolutions,
- Single Depot Route Planning Software (řešení VRP) – Paragon.

Vzhledem k tomu, že autorka má neomezený přístup k softwarovému produktu NetOpt a jeho výstupy lze snadno porovnat s výsledky C-W metody, bude pro ověření výsledků použit právě program NetOpt.

Softwarový nástroj NetOpt je naprogramován v prostředí Borland Delphi, autorem je Ing. Filip Vízner, Ph.D. Jedná se o aplikaci s CAD/GIS prostředím, ve které je možné intuitivně, na vektorovém mapovém podkladu, řešit úlohy typu VRP nebo ARP, popřípadě v upravené verzi lokační úlohy.

Aplikace se skládá ze dvou hlavních oken Graf sítě (CAD prostředí) a GIS (GIS prostředí). V okně GIS je zobrazována vektorová mapa sítě městských komunikací. Tato mapa může být tvořena více hladinami, tzn. kromě komunikací lze zobrazit i budovy, vodní

toky, železniční tratě atd. Mapy se zobrazují v plošném souřadnicovém systému S-JTSK. Na mapě lze vybrat oblast, na které má být proveden výpočet VRP/ARP. Vybraná vektorová data včetně svých atributů (názvy ulic, třídy pozemních komunikací atd.) se transformují na graf sítě městských komunikací, kde je provedeno odstranění nekorektnosti vektorových dat. Graf sítě městských komunikací je zobrazen v okně Graf sítě a lze jej dále upravovat – odstraňovat, vkládat, posouvat vrcholy a hrany, editovat atributy vrcholů a hran. Pokud je graf korektní, může být proveden výpočet tras obslužných vozidel dle VRP nebo ARP. Nejprve je nutné přiřadit vrcholům/hranám požadavky obsluhy, implicitně je předpokládána hodnota 1, tzn. každý zákazník/každá část komunikace je obsloužena právě jednou. Jsou nastaveny penalizace při průjezdu křižovatkami, stanovena kapacita obslužných vozidel a jednotlivým hranám přiřazeny rychlosti, kterými budou projížďeny obslužnými vozidly. Dále je možné rozhodnout, zda bude pozemní komunikace obsluhována pouze v jednom směru nebo obousměrně, popřípadě zda bude zakázán průjezd některými úseky pozemních komunikací. Pokud se jedná o obousměrnou obsluhu komunikací, je graf sítě převeden do městského režimu, kde jsou respektovány dopravní předpisy (příkázané směry jízdy, zákazy otáčení v křižovatce atd.). Následuje samotný výpočet tras. Trasy jsou zobrazeny v tabelárním seznamu spolu s údaji o své délce a čase potřebném na obsluhu. Při výběru trasy z tohoto seznamu je trasa zobrazena na grafu sítě. Trasy lze poté uložit ve formátu aplikace NetOpt, formátu GIS nebo formátu pro zařízení GPS. Každé trase je možné ze seznamu přiřadit typ vozidla a řidiče. Výstupem může být uspořádaný tištěný seznam ulic a křižovatek pro řidiče, nebo lze trasu importovat do zařízení GPS umístěném v obslužném vozidle. Řidič obslužného vozidla může sledovat na zařízení GPS vlastní polohu a zároveň je mu zobrazována naplánovaná trasa.

### **3.6 Závěr analýzy metod určených pro řešení svozně-rozvozního problému**

V této kapitole bylo uvedeno několik metod teorie grafů, které se týkají problematiky dopravní obsluhy. Vzhledem k povaze řešeného problému, obsluhy zákazníků v atrakčním obvodu, bude nutné se dále zaměřit na úlohu obchodního cestujícího. Obtížnost řešení, která tuto úlohu řadí mezi NP-těžké úlohy, si vyžaduje použití některé z heuristických metod. Autorka bude řešit dopravní obsluhu prostřednictvím Clarke-Wrightovy metody. Ačkoliv by se na první pohled jevilo použití této metody jako nepřiměřené, vzhledem k rozsahu, povaze problému a rozsahu zjištěných údajů, není nutné použití některé ze sofistikovanějších metod. Clarke-Wrightova metoda bude využita pro různé alternativy umístění výchozích dep,

časových oken i způsobů zásobování. Výsledky budou konfrontovány s výstupy ze softwaru NetOpt, který pracuje také na principu C-W metody, ale s mapovými podklady. Budou tedy ověřeny, jak sestavené trasy, tak i vypočítané délky okružních jízd. Pro kontrolu metody i výsledků, bude dále použit při srovnávacích výpočtech řešení přiřazovacího problému, jehož matematická definice bude důkladně zmíněna v kapitole 7.

V této kapitole byla zmíněna i metaheuristika – genetický algoritmus. Pro efektivní a optimalizované řešení by byla vhodným nástrojem. Její použití by byla nástavba řešení získaného z heuristické Clarke-Wrightovy metody. Pro její efektivní využití by však bylo zapotřebí sestavovat a následně ověřovat trasu s více než 15 zákazníky. V důsledku malého množství vstupních dat a možnosti práce s nimi, není efektivní aplikovat genetický algoritmus, protože vypočítané trasy budou reálně konvergovat k optimu.

Metoda váženého součtu bude v práci využita pro výběr vhodného dopravního prostředku. Pro vyhodnocení dotazníkového šetření nebude využito žádných statistických metod, protože otázky byly koncipovány tak, aby se dotazovaný mohl sám ke každé otázce vyjádřit. Nepředpokládá se tedy, že by odpovědi mohly být statisticky zpracovány právě z důvodu obecné formulace otázek a individuálních odpovědí. Výsledky budou podrobně rozebrány v kapitole 4. SWOT analýza bude v práci využita při slovním hodnocení možných umístění MDC, pro odhalení silných a slabých stránek jednotlivých lokací.



## **4 NÁVRH OBECNÝCH OMEZUJÍCÍCH PODMÍNEK A PŘÍPUSTNÝCH ŘEŠENÍ**

V této kapitole je navržena obecná posloupnost procesů, které jsou nutné k tomu, aby mohla být usměrněna dopravně-logistická obsluha, například přes MDC. Klíčem k efektivnímu řešení je sestavení obecných omezujících podmínek, které ovlivňují model řešení city logistickými opatřeními. Mezi tyto podmínky lze zařadit vymezení a přesná formulace dopravně-logistického problému daného území (v některých případech již v této fázi zahrnující provedení dotazníkového šetření), výběr vhodného city logistického opatření, analýza možností, jak toto opatření aplikovat, modelování předpokládaných dopadů, vyhodnocení výsledků a příprava na uvedení do praxe, případná modifikace opatření vzhledem k lokálním podmínkám. Autorka práce se rozhodla pro postupné kroky zavedení dopravně-logistické obsluhy prostřednictvím MDC. Z tohoto důvodu je nutné, kromě již zmíněných podmínek, zdůraznit omezující podmínky, které se k problematice MDC vztahují: sestavení atrakčního obvodu a výběr lokace, dotazníkové šetření (informace o individuálních požadavcích na zbožové proudy, jejich velikost, manipulační jednotky a dopravní prostředky), volba vhodného dopravního systému, nastavení podmínek financování a provozu v samotném MDC.

Distribučních modelů v city logistice je několik:

- a) přímé zásobování,
- b) distribuce prostřednictvím městského distribučního centra,
- c) distribuce prostřednictvím MDC v kombinaci se systémem přihrádkových zásobníků (sejřů) umístěných v centru města,
- d) distribuce prostřednictvím logistického centra se zřízením prodejního místa vedle centra.

Přímé zásobování je nejstarším modelem, který generuje největší počet fyzických vjezdů obslužných vozidel do citlivých zón, potažmo má výrazně nejhorší ekologické dopady ze všech modelů. V současnosti se navazujícími opatřeními ustupuje od tohoto modelu.

Distribucí prostřednictvím MDC se zabývala kapitola 1.2.1. Jde o víceúrovňový systém distribuce zbožových toků. Počet stupňů je odvozen od přepravní vzdálenosti a velikosti obsluhovaného atrakčního obvodu. Je s tím spojena i otázka veřejných logistických center (dále jen VLC), která v mnoha případech mohou suplovat funkci MDC. Z definice VLC dle (26) vyplývá, že VLC je místo, které je prioritně určeno pro koncentrování nabídky logistických služeb. Mělo by zde být napojení na minimálně na dva druhy dopravy (silniční /

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

železniční / vnitrozemská vodní / letecká). Předpokladem pro vznik je dostatečné množství produkce nebo potřeby zbožových toků (v případě MDC je hranice 100 tis. obyvatel). U tohoto modelu je základním předpokladem to, že zboží není skladováno dlouhodobě, ale funguje jako nárazníkový sklad. Zboží, ale může být krátkodobě skladováno a na odvolávku v technologii JIT dodáno konečným odběratelům. Do centra je zboží dopraveno z výrobního nebo centrálního skladu ve velkých objemech. Pro hromadné dodávky zboží může být využita železniční doprava, která v takovém případě nabízí množstevní slevy a přepravní náklady jsou výrazně nižší než v silniční dopravě. V centru je zboží komisionováno a k dalšímu článku řetězce je dodáváno na základě jejich požadavků, rozvozovými silničními vozidly nižších kategorií. Rozvozové jízdy jsou stanoveny a řízeny na základě plánu okružních obslužných jízd.

Distribuce zboží prostřednictvím systému přihrádkových zásobníků, tzv. packstation, (37) umístěných v blízkosti příjemců v centru města, je model, u kterého si každý zákazník zboží (odběratel) vyzvedne sám a nebo prostřednictvím placené služby tzv. externím poskytovatelem logistických výkonů. Zboží je do přihrádek ukládáno v časovém okně, ve kterém není narušen běžný život města. Zákazník je sice omezen prostorem výdeje, ale není časově ovlivněn, zásilku si může vyzvednout v jakémkoliv čase. V případě distribučního centra se zřízením prodejním/výdejovým místem, jde o podobný model, ale prodejní místo je v areálu centra, nikoliv v městském prostoru. V roce 2013 by měla tento systém spustit i Česká pošta. Na obrázku 5 je uveden německý zásobník.



**Obrázek 5 – Packstation Německo**

Zdroj: Deutsche Post

V problematice řešení zbožových toků v citlivých městských zónách je nutné zohlednit i řešené území, jeho velikost. Navrhovaný model je nastaven pro městské aglomerace odpovídající Pardubicko-hradecké zóně. Dalšími městy, která by mohla využít

tento model jsou srovnatelně velká města jako Liberec, Plzeň, Olomouc, nikoliv Praha. Hlavní město Praha má zcela odlišné podmínky, tak i odlišný přístup zákazníků k podobným systémům. V městě funguje mnohem více dopravních restrikcí a i to, může mít výrazný vliv pro podporu podobných city logistických konceptů jako je MDC ze strany zákazníků, než jak je tomu v jiných českých městech.

#### **4.1 Definování atrakčního obvodu a výběr vhodné lokace pro MDC**

Dle (15) je atrakční obvod (dále AO) matematicky definován jako  $A(v)$  depa  $v \in D_k$  je množina vrcholů a hran sítě, pro které platí:  $u \in A(v)$ , pokud neexistuje  $w \in D_k$ , pro které  $d(w,u) < d(v,u)$ ,  $h \in A(v)$ , pokud neexistuje  $w \in D_k$ , pro které  $d(w,h) < d(v,h)$  vzdálenost  $h$  od depa  $v \in D_k$  je definována jako  $d(v,h) = \min\{d(v,r), d(v,s)\}$ , kde incidence hrany  $h \in X$  je  $p(h) = (r,s)$ , vzdálenost vrcholu  $v$  od depa pak je  $v \in D_k =$  délka minimální cesty z vrcholu  $u$  do vrcholu  $v$ .

Slovní definice AO je taková, že atrakční obvod je definované a ohraničené území, na kterém probíhá svoz i rozvoz zboží, případně obsluha hran a vrcholů. V otázce MDC je nutné vhodně definovat obvod v závislosti na produkci i spotřebě, a v kontextu dopravní infrastruktury. Obecná velikost atrakčního obvodu centra bývá do vzdálenosti 100 km při výhradním využití silniční dopravy pro rozvozní část procesu. V případě jiných druhů dopravy se poloměr může zvýšit. V city logistice je se však velikost AO vztahuje na výhradně na danou aglomeraci, nebo jen vyhrazenou část města. Výběr vhodné lokace je stěžením pro správné fungování systému. Je nutné zvážit možnosti rozšiřování jak samotného centra, tak i atrakčního obvodu. Existuje velké množství lokačních metod. Dle povahy prostoru, kam se centrum umísťuje, lze lokační úlohy rozdělit na:

- a) úlohy lokace v rovinném prostoru (řeší například Weiszfeldův algoritmus),
- b) úlohy lokace na dopravní síti,
- c) úlohy diskrétní lokace (Multikriteriální analýza).

Ačkoliv matematické metody poskytují přesná řešení, v praktických případech se nejčastěji používá vícekriteriální analýzy. Postup metody WSA je detailně je popsán v kapitole 3.3. Mezi hodnotící kritéria jednotlivých alternativ pro umístění centra lze zařadit:

- a) kapacitní dopravní infrastruktura (silniční, železniční, příp. vodní),
- b) blízkost městské aglomerace,
- c) zdroje a cíle zbožových toků,
- d) konkurence a již fungující logistické cesty,
- e) cena pozemků a možnost budoucího růstu areálu,

- f) socioekonomický charakter oblasti,
- g) zohlednění územního plánu a podpora ze strany státu, příp. kraje.

Váhová ohodnocení kritérií jsou závislá na prioritách řešitelů a existuje řada metod, které lze použít k porovnání významu jednotlivých kritérií (metoda bodovací, metoda pořadí, Saatyho metoda, metoda Fullerova trojúhelníku a další). Do rozhodovacího procesu vstupují i reálné požadavky, potřeby a socioekonomické vazby v dané zóně, které nelze matematicky popsat, ale mohou mít na výsledné řešení vliv.

## **4.2 Dotazníkové šetření**

Dotazníkové šetření je nedílnou součástí přípravy zavádění city logistických opatření. V rámci přípravné fáze je využito pro získání informací a definování samotného dopravně-logistického problému a dále pro informace o samotných zbožových tocích a logistickém prostředí, kde bude opatření zaváděno. Dále poskytuje představu o tom, jak moc se liší úhly pohledu na problematiku různých zainteresovaných stran. S přihlédnutím k individuálním požadavkům jednotlivých skupin, v city logistice jsou to hlavně zástupci města, místních obyvatel, přepravníků i dopravců a v neposlední řadě také ekologové. Každá tato skupina má svůj vlastní pohled, mnohdy protichůdný, potřebám skupiny další. Cílem dotazníkového šetření je pojmout všechny tyto aspekty. Další význam dotazníkového šetření je v samotných informacích. V rámci city logistiky jsou to hlavně důležité informace i zbožových tocích a požadavcích zákazníků systému. Dotazníkové šetření také poskytuje prostor pro vyjádření vlastního názoru, případného řešení problému, nebo má i informativní charakter, může poskytnout informace o předpokládaném řešení problému.

Na počátku dotazníkového šetření je nutné definovat cíl, který je požadován. Přesná formulace problému umožňuje stanovit postupy, které zabezpečí a povedou k získání potřebných informací. Dalším důležitým bodem je výběr respondentů a jejich počet, motivace, dále forma šetření. U písemné podoby například bývá malá návratnost a je nutné přesně definovat otázky, tak aby nebyl prostor pro doplňující otázky, u telefonického pak je kladen velký důraz na proškolení tazatele, aby udržel respondentovu pozornost a podobně. Při sběru dat pro zavedení MDC jsou důležité otázky na zbožové proudy, časové, skladové a prostorové požadavky na zásobování, ale také vnímání případných dopravních restrikcí.

Vyhodnocení dotazníků lze provést statistickými metodami, v některých případech u dotazníků, zaměřených na podobnou problematiku, však nelze vždy statisticky vyhodnocovat v důsledku jedinečnosti možných odpovědí. (10)

Dotazníkové šetření poskytuje informace hlavně o zbožových tocích. V rámci obsluhy MDC a různě nastavených systémech lze uvažovat o několika skupinách toků. První skupinou jsou zbožové toky nevyžadující žádné specifické skladovací a přepravní podmínky. Do tohoto druhu zboží by patřilo běžné spotřební zboží, nápoje, kosmetika, které vyžadují běžné teploty skladovací teploty (15 – 25° Celsia), nakládají se v krabicích nebo přepravech a parametry manipulačních jednotek jsou pevně dané a standardizované. Právě v důsledku nenáročnosti a rozšířenosti jsou vhodnými pro zahájení city logistického systému MDC. Nejsou náročné ani na vybavení centra, manipulační techniku a dopravní prostředek.

Druhou kategorií je zboží náročnější na skladování i přepravu, vyžadující například dodržení termických požadavků, teplotního řetězce. Při jejich distribuci je nutné připojit další kritéria nejen na vybavení centra, ale také třeba dopravního prostředku.

Posledním typem je pak zboží, které vyžaduje specifické požadavky, například radioaktivní nebo toxický materiál. Tuto poslední kategorii autorka nedoporučuje vůbec distribuovat prostřednictvím MDC.

### **4.3 Obslužné vozidlo a jeho parametry**

Obslužné vozidlo je omezující podmínkou pro řešení okružní jízdy, a proto je nutné jej zahrnout, protože má výrazný vliv na řešení obsluhy. Problematika volby vhodného dopravního systému závisí na urbanistickém řešení území. V konkrétních případech lze využít nákladovou tramvaj, válečkovou trať, nebo například lanovku. Většina city logistických konceptů však je postavena na silniční dopravě. Z tohoto důvodu budou v této kapitole navrženy základní kritéria pro výběr obslužného vozidla. Vzhledem k povaze problému, výběru vozidla, je to klasická aplikace vícekritériálního rozhodování a již zmíněné metody WSA. Mezi kritéria pro výběr vhodného vozidla například patří:

- a) výkon,
- b) spotřeba v městském režimu a mimo město,
- c) parametry ložného prostoru,
- d) vybavení vozidla i ložného prostoru,
- e) velikost dveří a jejich umístění,
- f) možnost financování,
- g) blízkost servisu, preference značky apod.

Obslužné vozidlo je důležitým omezením pro sestavu okružních jízd. Například v metodě C-W je základním omezením jeho kapacita. V páté kapitole bude proveden příkladový výběr obslužného vozidla metodou WSA.

#### **4.4 Souhrn návrhu postupu řešení**

V této kapitole byl navržen obecný postup řešení při aplikaci city logistického opatření v obecné rovině i pro MDC, které vyžaduje vlastní specifické kroky. V prvním kroku je nutné si uvědomit a definovat problém, kde vznikl a následně navrhnout, jak jeho důsledky eliminovat. Důležitá je znalost současných řešení obdobných problémů, přihlédnout k lokálním odlišnostem a připravit dotčené skupiny na následné řešení. V současné době v ČR jsou povětšinou všechna city logistická opatření vnímána negativně, ne jako opatření, ale jako omezení případně zákaz. Není vnímán budoucí pozitivní dopad, ale pouze současná negativa. Tomuto lze předejít informováním zainteresovaných společností, případně po vzoru německých vyjednávacích skupin, zahrnout jejich zástupce přímo do pracovní skupiny, která hledá řešení. Další nutným krokem je provedení dotazníkového šetření, které je hlavním zdrojem informací pro sestavení nového modelu dopravně-logistické obsluhy. Po výběru vhodného city logistického opatření pak na řadu přichází postupné zavádění. Pro příklad MDC jsou následujícími kroky výběr lokace a obslužných vozidel, definování zbožových toků, sestavení okružních jízd a vyřešení otázky motivace potenciálních zákazníků a dále penalizace těch, kteří by na opatření a nový systém nerefletovali. Dále systém MDC lze nastavit i tak, že je využívána jen část volné kapacity již fungujícího centra. U této varianty je však zásadní problém v konkurenci. Financování MDC bylo zmíněno v kapitole 1.2.1 a autorka se přiklání k modelu, který funguje například v Maďarsku, tedy vyvážené financování soukromým i veřejným sektorem.

U city logistických opatření je nutné si uvědomit, že jejich sekundární význam spočívá v usměrnění požadavků různých skupin i podnikatelských záměrů, a proto je to tak složitá a citlivá záležitost.

## **5 STANOVENÍ OMEZUJÍCÍCH PODMÍNEK A PŘÍPUSTNÝCH ŘEŠENÍ PRO VYBRANÉ ÚZEMÍ**

Vzhledem k povaze řešeného problému se bude tato kapitola zabývat konkrétními omezujícími podmínkami dopravně-logistické obsluhy na vybraném městském segmentu. Je nutné definovat základní omezení pro kapacitu vozidla, vymezení atrakčního obvodu, specifikování požadavků zákazníků jak na dopravní prostředek, tak i manipulační techniku, zanesení polohy jejich provozovny nebo vzdálenost od MDC. Další otázkou je i samotné umístění MDC, jeho atrakční obvod a vazba na dopravní infrastrukturu. Z důvodu širšího pohledu na problematiku, se autorka rozhodla pro dvě alternativy umístění, kterými se bude mimo jiné zabývat následující kapitola.

### **5.1 Atrakční obvod a alternativy umístění MDC**

Navrhovaná alternativa řešení dopravně-logistické obsluhy prostřednictvím MDC, potřebuje správně definovat atrakční obvod. Pro opodstatnění MDC je nutné disponovat zbožovými toky pro aglomeraci nad 100 tisíc obyvatel. Města Pardubice a Hradec Králové spolu s přilehlými městy a obcemi tuto primární podmínku rozhodně splňují. Z podstaty MDC je prioritní otázkou řešení zásobování a usměrňování materiálových toků v citlivé městské oblasti. Proto by do kompetence MDC spadalo zásobování hlavně v problematických zónách obou největších měst. Autorka práce nevyklučuje obsluhu i menších měst a obcí, ale ty většinou nemají tak zásadní problémy jako například Třída Míru a přilehlé ulice v Pardubicích, nebo pěší zóna v ulicích Čelakovského a Švehlova v centru Hradce Králové. Většina MDC má atrakční obvod nastaven po hranice města, případně si řeší specifické problémy konkrétní oblasti (například projekt City Mobil – na letišti Londýn Heathrow), takže i navrhované centrum se bude zaměřovat právě na hlavní zdroje nebo cíle materiálových toků. Vzhledem k získaným údajům, bude aplikace obsluhy řešena na městském segmentu - Třída Míru.

Silniční doprava má největší podíl v rámci většiny city logistických konceptů. Výjimkou jsou alternativní svozově-rozvozní systémy v podobě nákladních tramvají, speciálních elektromobilních jednotek nebo bicyklů. Nákladní tramvaje nelze ani v jednom případě využít, protože tento druh drážní dopravy není ani v jednom městě zastoupen. Elektromobilní jednotky vyžadují výrazné finanční investice a kola jsou alternativou jen pro menší kusové zásilky. V českých podmínkách je tedy nutné se zaměřit na silniční dopravu a infrastrukturu. V řešené aglomeraci situace není ideální, ale vyvíjí a i za současného stavu

by byla postačující pro obsluhu silničními vozidly. Velký význam má dálnice D11 (směřující z Prahy do Hradce Králové), R35 (směr Liberec – Hradec Králové – Mohelnice) a silnice I/37 (směr sever – jih). Všechny tyto pozemní komunikace by pro obsluhu plnily funkci přivaděče zbožových toků. V případě I/37 by byla využita i jako rozvozní komunikace spolu s dalšími silnicemi první, druhé a třetí třídy.

Železniční doprava prozatím není využívána tak, jak by mohla být, ale nelze ji opomenout. Pardubice leží na 1. a 3. tranzitním koridoru a s Hradcem Králové jsou spojeny tratí číslo 031.

Pro úplnou představu o dopravní infrastruktuře je nutné zmínit mezinárodní letiště v Pardubicích (LKPD) se smíšeným provozem a veřejné vnitrostátní letiště v Hradci Králové. V prvním případě lze využít eventuality v podobě letecké dopravy. O splavnění Labe do Pardubic se vedou dlouhé debaty, ale za současné situace nelze brát tuto alternativu v úvahu.

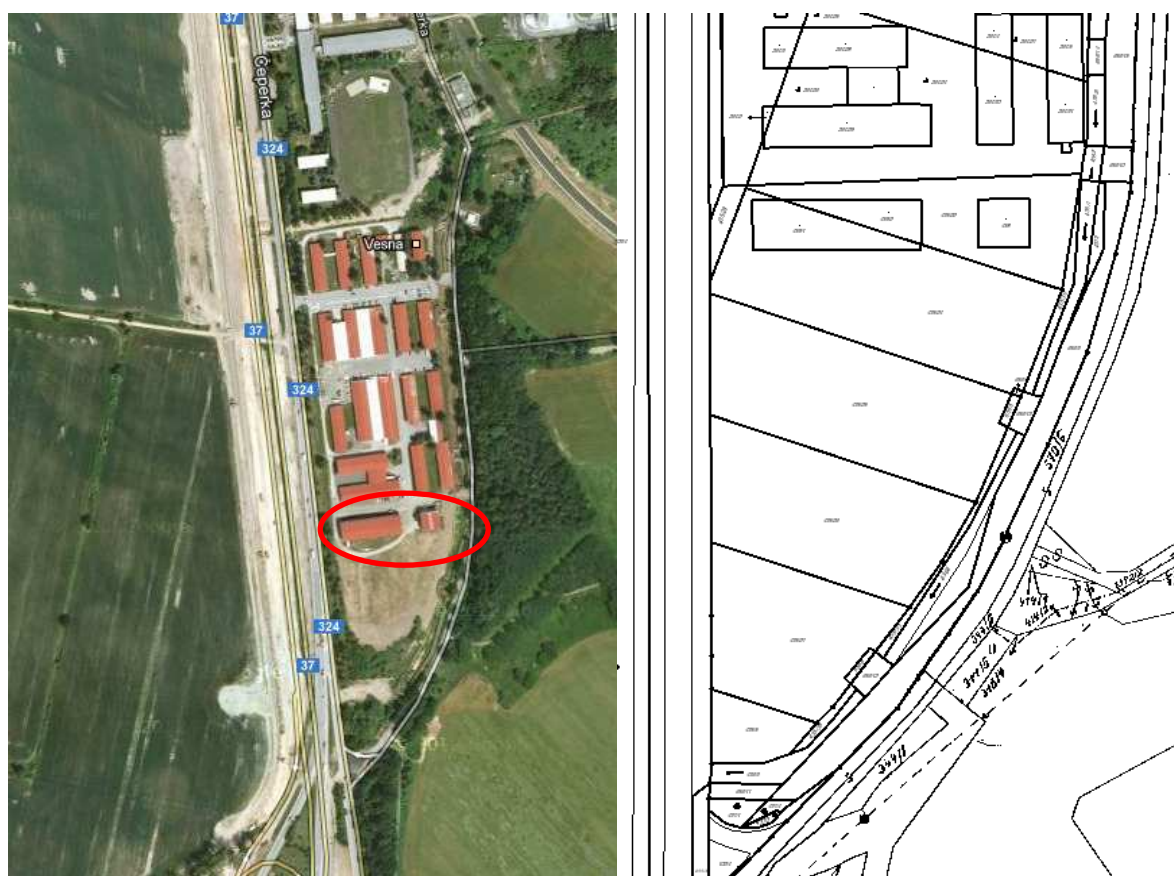
### **5.1.1 Umístění MDC**

Pro komplexnější modelování bude autorka uvažovat dvě lokace, respektive vyzkouší modelovat dopravní obsluhu Třídy Míru, ze dvou alternativních míst. Obě varianty volil jak v závislosti na vhodném a kapacitním dopravním napojení, tak i z hlediska vzdálenosti od obou měst. Další faktor, který sehrál roli při rozhodování o počtu alternativ, byly různé možnosti pro provoz navrhovaného MDC. První alternativa je tedy v kompetenci města a druhou je pak již existující centrum, u kterého je předpoklad logicky nižších finančních nároků pro provoz, ale složitější pro získání zákazníků z řad konkurentů jak v dopravní, tak i logistické sféře.

První alternativou jsou skladové prostory společnosti Vesna, a.s. v Opatovicích nad Labem. Společnost zde má areál, který zahrnuje několik skladových budov, účelové komunikace a dle katastru nemovitostí i manipulační plochu. Tato lokace byla vybrána pro představu veřejné formy MDC. Na obrázku číslo 6 je situování budov a schéma z katastru nemovitostí. (28) Všechny přilehlé parcely jsou majetkem jedné společnosti (Vesna, a.s.). Dle obrázku z katastru nemovitostí má vyznačená budova rozměry 75 x 20 m a v nejširším místě pozemku je šířka přibližně 130 m, celková plocha dle (28) je 4689 m<sup>2</sup>. Celková plocha skladu je tedy 1500 m<sup>2</sup>. Podélná stěna nemá rampovou hranu, usnadňující překládkové operace mezi skladovým prostorem a dopravním prostředkem, ale její začlenění je stavebně-technickými úpravami proveditelné. Důležité jsou manipulační prostory před i za budovou, které jsou dostatečné, jak pro pohyb nákladních vozidel, tak i pro vybudování odstavného parkoviště.



Dalším důvodem, proč byla vybrána tato lokalita, je dopravní napojení. Mezi Pardubicemi a Hradcem Králové samozřejmě existuje mnoho lokalit, které by byly stejně vhodné pro zřízení MDC (např. u obce Stěblová, nebo po celé délce silnice I/37), avšak jsou sice v těsné blízkosti kapacitní pozemní komunikace, ale chybí jim sjezdy a přímé napojení na pozemní komunikaci. Příkladem projektu stavby obchodního domu, který nebyl uskutečněn právě pro zamítnutí vybudování sjezdu z dálnice, by mohl být projekt společnosti IKEA, a. s. v Libišanech u Hradce Králové. Celý projekt nebyl uskutečněn z důvodu toho, že Ředitelství silnic a dálnic nedovolilo vybudovat sjezd. Právě tento precedent je důkazem toho, že ani blízkost kapacitní pozemní infrastruktury nezaručuje její reálné využití a je třeba hledat přijatelnější alternativy.



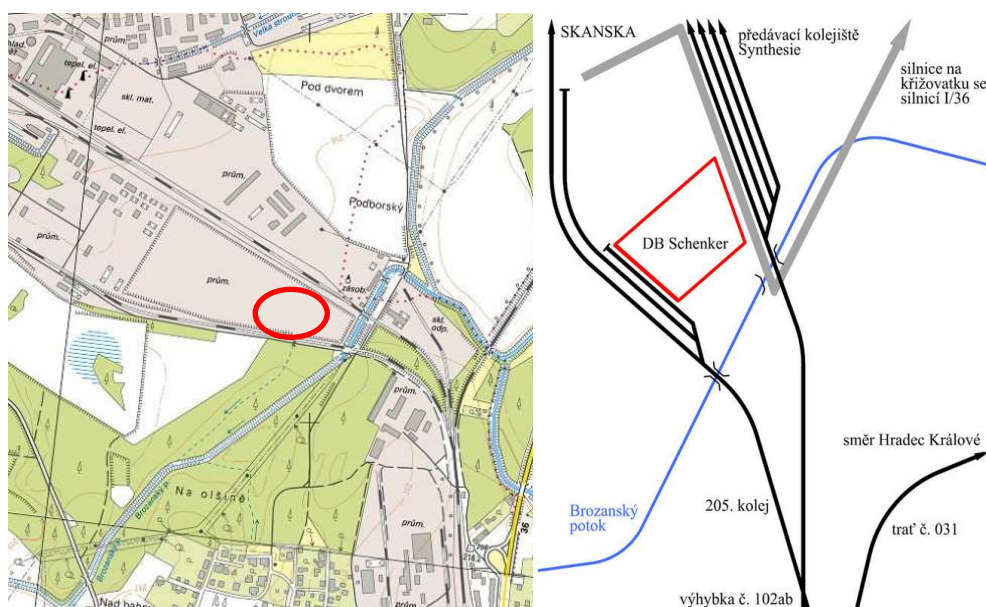
**Obrázek 6 - Vizualizace areálu**

Zdroj: maps.google.com, Katastrální úřad, úprava autorka

Tato první varianta byla vybrána i z pohledu železniční dopravy. Ačkoliv se nepředpokládá nutnost přímého napojení na železniční síť tzv. zavlečkování, je areál v blízkosti vlečky do Opatovické elektrárny a železniční stanice Opatovice nad Labem. Prioritou je však napojení na silniční infrastrukturu v podobě mimoúrovňové křižovatky, která zabezpečuje napojení jak na budoucí R35, tak i na nedalekou D11 a I/37. Areál je přímo

napojen na silnici II/324, která pokračuje až do centra Pardubic a je i napojena na městský okruh v Hradci Králové.

Druhou alternativou pro umístění MDC je obec Semtín. Tato alternativa byla vybrána z důvodu nižších finančních nároků. Jedná se o využití již stávajícího areálu logistické společnosti Schenker s.r.o., která zde mimo jiné poskytuje crossdockové služby. Tuto alternativu autorka uvážila proto, že by zde nebylo potřeba (jako v případě první alternativy odkupovat pozemky a skladové prostory), ale stačilo by pronajmout určitou část kapacity centra. Jak je patrné z mapy katastrálního úřadu na obrázku číslo 7 má výborné dopravní napojení jak na silniční, tak dokonce i železniční infrastrukturu. Na vedlejším obrázku je přibližné situování areálu, protože mapové podklady nejsou dostatečně aktuální. Součástí pronajatého areálu je i plně funkční vlečka. (27)



**Obrázek 7 - Vizualizace druhé varianty pro umístění MDC**

Zdroj: Katastrální úřad, K-report – webové stránky s železniční tematikou, úprava autorka

První alternativa je tedy příkladem veřejného MDC, kdy by významně větší podíl nákladů byl na městské aglomeraci. Druhá alternativa počítá s využitím již fungující infrastruktury a prostředí zavedené logistické společnosti. Výhodou první alternativy je její neutralita a naopak nevýhodou, větší finanční nároky a nutnost hledat silné a dlouhodobé partnery pro využití. Druhá alternativa má svá pozitiva hlavně v tom, že by města nemusela výrazně investovat do zázemí, nepotřebovala by konstantní materiálové toky, ale jejich velikost by se mohla měnit a MDC by na nich nebylo existenčně závislé. Problémem by byla neutralita systému, kterou v takovém to případě zajistit nelze a mohlo by to vést k výrazně

menší podpoře a využití ze strany konkurentů společnosti. Na druhou stranu, přesvědčit stávající zákazníky společnosti, by nebylo tak složité.

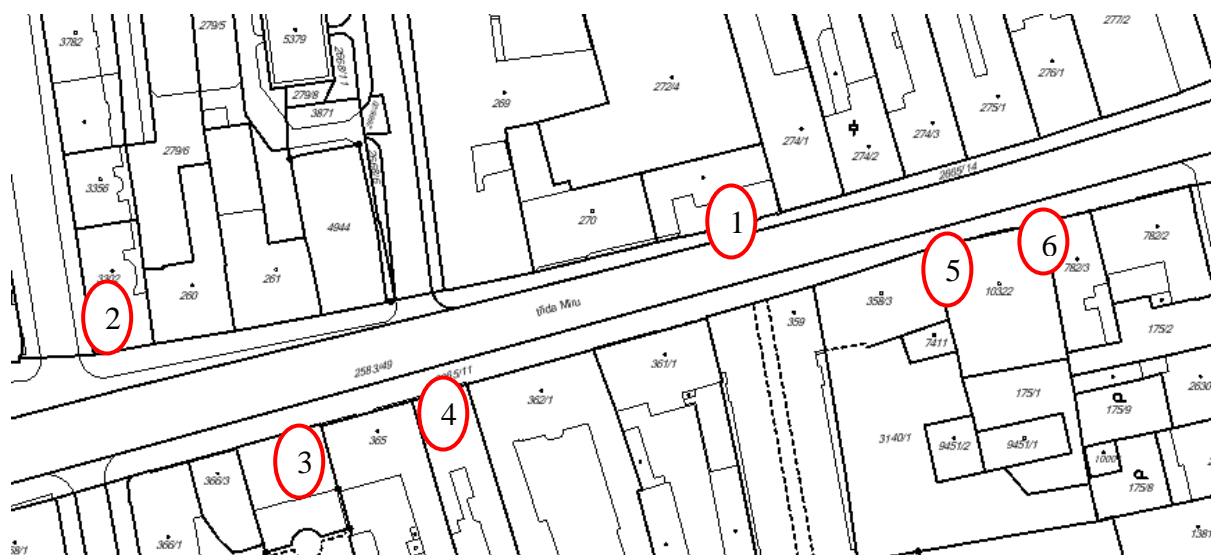
V kapitole věnované umístění centra je nutné zmínit i vzdálenostní matice, které budou sloužit jako podklad pro výpočty Clarke-Wrightovou metodou. Vzdálenostní matice budou dvě, pro každou lokaci jedna. Běžnou praxí v této metodě je to, že se pracuje se symetrickou maticí (odpovídající si prvky matice nad a pod hlavní diagonálou jsou stejné), a proto se při výpočtové fázi používá pouze první polovina matice (prvky nad hlavní diagonálou). Neuvažují se tedy případná dopravní omezení v podobě jednosměrných pozemních komunikací atd. Pro větší výpovědní hodnotu modelované situace se autorka rozhodla, že bude pracovat s maticí asymetrickou, kde zohlední právě dopravní omezení prostřednictvím různých délek úseků mezi dvěma uzly, bude tak zohledněna orientace použitých hran dopravní sítě. Obě vzdálenostní matice jsou uvedeny v kapitole 4.4.

## **5.2 Dotazníkové šetření**

Problematika dopravně-logistické obsluhy je velmi citlivá na získávání a práci s jednotlivými údaji. Z tohoto důvodu byl proveden dotazníkový průzkum, jenž byl zaměřen na získání podkladů pro výpočtovou část této práce. V blízkosti řešeného území se nalézají tři obchodní centra – AFI Palace, obchodní dům Tesco a Grand Pardubice. První dva zástupci byly kontaktovány, ale byl jim poslán modifikovaný dotazník, než jaký byl distribuován provozovně na Třídě Míru. Vyplněný a vrácený dotazník je v práci uveden jako Příloha 3. Návratnost byla 50%. V případě AFI Paláce, kde se jedná o klasické obchodní centrum, s celou řadou menších obchodů, byl dotazník sice zaslán, ale nepřišla žádná odpověď. V kontextu koncepce obchodního centra, lze předpokládat, že každý jednotlivý obchod má podobný princip zásobování, tak jako vybrané obchody na Třídě Míru, které mají obdobné složení sortimentu zboží. Další je i fakt, že AFI Palace má vlastní vyhrazené místo v zadní části budovy, které je určeno pro zásobování. Obslužná vozidla tedy nevjíždí do řešené oblasti. V případě obchodního domu Tesco byl dotazník přeměřován na logistické oddělení obchodního domu v Čelákovících. Vzhledem k tomu, že většina řetězců má své zásobování standardizováno, lze předpokládat, že odpovědi lze aplikovat i na další obdobné pobočky společnosti, i kromě toho z dotazníku byly vybrány ty zbožové toky, u kterých lze předpokládat to, že nejsou lokálně diferenciovány. Obchodní dům Grand nebyl osloven, protože jeho zásobování probíhá v podzemní části budovy opět z vyhrazeného místa pro zásobování a obslužná vozidla tedy nemají vliv na provoz v řešené oblasti.

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

Návratnost dotazníků (vzorový uveden jako Příloha 2) pro maloobchody na Třídě Míru byla velmi malá. Je zde 84 provozoven, osloveny byly všechny, ale návratnost byla minimální (pouze necelých 11 %). Devět dotazníků se vrátilo vyplněných, ale pouze s osmi z nich lze dále pracovat. Vrácený dotazník od provozovatele prodejny HC Sport byl vyplněn jen v minimální míře (odpověď na otázky číslo 4, 8, 14, které pokud nejsou podpořeny i ostatními odpověďmi, bohužel nemají pro další část práce zásadní význam). Z osmi zbývajících vyplněných dotazníků bylo vybráno šest, které reprezentují různé zbožové toky (pekárna, obchod s keramikou, drogistické zboží, lékárna, bar a pizzerie). 14 otázek bylo sestaveno tak, aby co nejvíce obsáhly problémy spojené se zásobováním a autorka získala podklady pro výpočtovou část. Z tohoto důvodu nelze otázky kvantifikovat statistickou metodou, ale ke každému dotazníku se musí přistupovat individuálně. Jedinečnost odpovědí je dána i tím, že každá provozovna je zaměřena na jiné zbožové toky, má jiné nároky na manipulační techniku, na přepravní obaly a manipulační jednotky, může vyžadovat jiná časová okna pro zásobování, objem zbožového toku je jiný nebo například proměnný v čase. Vybrány byly provozovny: obchod s keramikou tř. Míru 90 (zákazník 6), Martini's Café – Cocktail Bar tř. Míru 90 (zákazník 5), prodejna a restaurace Špalda Tř. Míru 64 (zákazník 4), Pizzerie Toscana tř. Míru 66 (zákazník 3), drogerie Rossmann tř. Míru 70 (na Třídě Míru jsou dvě provozovny č.p. 2672, kde lze a zásobování probíhá i ze zadní části budovy, proto nebyla zahrnuta do řešení – zákazník 1), Benu lékárna (zákazník 2) sice má adresu na Sladkovského 96, ale je přímo na rohu Třídy Míru a Sladkovského a díky specifickým zbožovým tokům je vhodné ji zařadit do řešené oblasti. Posledním je pak obchodní dům Tesco, které má sídlo na adrese T. G. Masaryka 1950, ale je v těsné blízkosti řešené oblasti a získané informace mají velkou vypovídací hodnotu, takže bude vhodné zapojit jej do systému obsluhy přes MDC. Na obrázku číslo 8 jsou, na mapových podkladech katastrálního úřadu (28), pro ilustraci vyznačeny všechny zařazené provozovny (kromě obchodního domu).



Obrázek 8 – Umístění jednotlivých zákazníků na Třídě Míru

Zdroj: Katastrální úřad, úprava autorka

Jsou-li srovnány dotazníkové otázky pro obchodní dům Tesco a provozovny na Třídě Míru, je nutné se zaměřit na ty, které se z logických důvodů liší. Totožná je pro oba dotazníky první otázka na provozovnu a její přesnou adresu. Je to nutné pro další fázi, jak pro výpočtovou část, tak i jako podklad pro program NetOpt. Druhá otázka směřovala na frekvenci zásobování, zda je nutné zásobovat každý den, případně zda se využívá například týdenního intervalu. K této otázce v řadě provozoven<sup>3</sup> bylo odpovězeno čtyřikrát, že je nutné zásobovat denně, dvakrát denně, celkem logicky, u pekáren a lékární vícekrát za den a dva dotázaní odpověděli, že dvakrát (popřípadě třikrát) za týden. Třetí a čtvrtá otázka byla zaměřena na dobu, kdy je daná provozovna zásobena, přesněji, zda lze definovat přesné časové okno a zda je toto optimem pro chod provozovny. Jak drogerie tak i pizzerie uvedly, že je pro ně nejvhodnější zásobovat před otvírací dobou, ostatní dotázaní uvedli, že je to v průběhu dne, dle potřeby svojí nebo dodavatelů. Na základě poskytnutých informací lze stanovit, že vhodným časovým oknem pro zásobování v dané oblasti jsou dopolední hodiny.

Z hlediska technologie obsluhy a širšího pohledu na problematiku, budou opět uvažovány i dvě alternativy časových oken. První scénář bude založen na stávajících dopravních omezeních a ve druhém pak, vzhledem k odpovědím, bude definováno na časové okno mezi 6<sup>30</sup> a 9. hodinou, jako omezující podmínka pro sestavení obslužné okružní jízdy. Série dalších 5 otázek byla zaměřena na délku komplexního převzetí zboží a pak na jiné možnosti zásobování (sdružení materiálových toků, zásobovat z prostoru mimo Třidu Míru). Jak se dalo očekávat, žádný provozovatel by na tuto alternativu přistoupit nechtěl, takže se autorka zaměří na možnost zásobování pouze z hlavní ulice. Dotazníkové odpovědi se shodly na průměrné délce procesu kolem 30 minut, ze kterých bude autorka vycházet při stanovení

<sup>3</sup> Myšleny jsou pouze ty provozovny, od kterých má autor práce k dispozici patřičné údaje (8 z 84 dotázaných)

doby nakládky a vykládky zboží a pro časové okno. Z otázek zaměřených na přepravní obaly a manipulační jednotky nevyplývá žádné výrazné omezení z hlediska manipulací a nároků na techniku a vybavení, stejně tak jako při dotazu na dopravní prostředek. Manipulační jednotky budou řešeny v kapitole 4.2.2. Lze tedy předpokládat běžně dostupné vybavení a dopravní prostředek, který bude vybrán metodou WSA v kapitole 4.3. Zpětné toky jsou řešeny ve všech případech okamžitým odvozem, takže nazpět vůz pojedí ložený zpětnými zbožovými toky. Na závěr dotazníku byla položena otázka na spokojenost se současnými dopravními omezeními. Všechny odpovědi byly kladné. Je to pochopitelné, vzhledem k tomu, že v současné době v podstatě neexistuje omezení pohybu zásobovacích vozidel na Třídě Míru.

### **5.2.1 Dotazník pro obchodní dům Tesco**

Vyplněný dotazník je uveden jako Příloha 3. Jak již bylo zmíněno v textu práce, formulář pro obchodní dům byl z logických důvodů upraven. Na otázku frekvence zásobování bylo uvedeno, že pečivem je dům zásoben třikrát denně pro dodržení kvality zboží (dorty do 7. hodiny ráno, balené pekařské zboží do 9. hodiny, trvanlivé výrobky ve večerních hodinách). Nejvhodnější dobou pro naskladnění nepotravinového zboží je 19. hodina, kdy jsou k dispozici tzv. noční doplňovači a probíhá doplnění zboží do regálů i do skladového prostoru obchodního domu. Ve většině obchodních domů Tesco, pokud to architektonické řešení dovolí, je v zadní části obchodu zásobovací nájezd s rampou. V Pardubicích je to vyřešeno podzemním vjezdem z parkoviště za budovou. Řetězec Tesco je zásobován prostřednictvím dvěma různými distribučními systémy. Prvním je zásobování přes vlastní centrální distribuční centrum a pak přímé dodávky od jednotlivých dodavatelů. Je tedy předpoklad, že zásobování obchodních domů je nastaveno na frekvenční zásobování z určitého místa. V rámci zefektivnění procesu a rozšíření možností distribuce zboží by se materiálové toky od jednotlivých lokálních dodavatelů, mohly konsolidovat v MDC a centralizoval by se i tok prázdných obalů. V současnosti se u přímých dodavatelů mění prázdné jednotky za plné a přepravní obaly od vlastních zbožových toků se vrací do vlastního distribučního centra třikrát týdně v předem stanovené dávce. Týdenní objem zboží se v podstatě neliší, výjimku tvoří pouze sezónní sortiment (Vánoce, Velikonoce). Týdenní objem je zhruba osm kamionů (po 20 - 30 euro paletách) a dohromady sedm nákladních automobilů od výrobců piva. Všichni výrobci piva zásobují dvakrát týdně (například značka Staropramen v odpoledních hodinách, Plzeňský prazdroj dopoledne). Objem zboží jsou 4 euro palety a na jedné je 40 přepravků. Zboží je načteno a vloženo do vlastního skladovacího systému Gold. Nároky na manipulační techniku jsou minimální a vzhledem k tomu, že

nejčastěji se naskladňují palety, využívá se pouze elektrický paletový vozík a tzv. dolly vozík pro krabice, květiny jsou loženy na tzv. cc vozíku a k používaným manipulačním jednotkám lze ještě zařadit klasické přepravky.

### **5.2.2 Manipulační jednotky a modulové systémy**

Modulové systémy využívají tzv. přepravní skříně (malé kontejnery), které jsou vždy určeny pouze pro jednoho zákazníka. S ohledem na jejich parametry, jsou ve skupinách loženy v dopravním prostředku v závislosti na pořadí zákazníků. V průběhu obsluhy proběhne i výměna prázdného kontejneru za plný a je tím vyřešeno, jak efektivní využití vozidla na zpáteční cestu, tak i zpětné toky vratných obalů. Vzhledem k jednoduché manipulaci, nebo identifikaci prostřednictvím RFID tagů, mohou být pro předávací místa voleny i například elevátory. Modulové systémy bezesporu přispívají pro zrychlení a zefektivnění zásobovacích systémů, zvláště v případech, kdy je nastaven systém pro jednoho zákazníka z jednoho distribučního místa. Unifikují se tím požadavky na prostor v obslužném vozidle, uzavře se tok obalů a manipulačních jednotek. V modelové situaci by takovým zákazníkem byl zákazník 7. V praxi se lze s takovými systémy setkat například během zásobovacího procesu u společnosti Denner. Kdy vychystávání zboží probíhá do modulových valivých kontejnerů, které jsou použity jako přepravní i manipulační jednotka.

Z výsledků dotazníkového šetření by se do modulového systému mohly řadit tzv. Roll Cages pro zákazníka 1. Ostatní zákazníci ve svém dotazníku nespecifikovali žádné požadavky tohoto typu. Proto v modelové situaci bude uvažováno pouze s parametry Roll cages, nikoliv jako s modulovým systémem, ale pouze jako s definovanou logistickou jednotkou, které bude přiřazena doba potřebná na předání. Modulové systémy jsou efektivní v případě, že je jejich všichni obsluhovaní zákazníci využívají. V dotazníku žádný další zákazník nevedl, že by je využíval, proto s ohledem na používané manipulační jednotky nelze efektivně modulový systém využívat.

V práci byla stanovena hypotéza dvě (viz. Kapitola 2), která tvrdí, že jsou modulové systémy výhodnější, než systémy konvenční přepravy. Vzhledem ke sledovanému městskému segmentu a definovaným zákaznickým požadavkům tento systém, není výhodné použít.

## **5.3 Výběr obslužného vozidla**

Kapacita obslužného vozidla je další omezující podmínkou pro sestavení okružní jízdy. V této kapitole za použití Metody váženého součtu (Weighted Sum Approach, dále WSA) bude vybráno nejvhodnější obslužné vozidlo. Jak vyplynulo z dotazníkového šetření,

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

provozovatelé nemají specifické požadavky na dopravní prostředky a jsou zásobovány běžnými užitkovými vozy. Autorka práce tedy vybrala pět zástupců běžných užitkových vozů od různých výrobců. Mezi zvolená vozidla patří Ford Transit, Volkswagen Crafter, Peugeot Boxer, Mercedes Sprinter, Citroen Jumper, které nejlépe odpovídají nárokům na vozidlo pro dopravně-logistickou obsluhu. Aby pohled na výběr obslužného vozidla byl kompletní, bude provedena multikriteriální analýza dle šesti kritérií (cena nového vozu, spotřeba v městském režimu a mimo město, velikost dveří a vybavení, ložný prostor, servis). Dle metody WSA je nutné každé kritérium ohodnotit tzv. váhou, která bude reprezentovat významnost daného kritéria a jeho kritériální hodnoty. Pro dané pořadí kritérií platí následující tabulka číslo 1 s váhovým ohodnocením.

**Tabulka 1 – Váhy kritérií**

Kritérium	Cena	Spotřeba město	Spotřeba mimo	Nosnost	Výbava	Ložný prostor	Servis
Váha	0,2	0,25	0,15	0,1	0,1	0,15	0,05

Zdroj: autorka

Jednotlivá kritéria byla stanovena s ohledem na důležitost srovnávací informace. Kritérium ceny je bráno pro alternativu, kdy by se pořizoval vlastní vozový park z nových vozů. Nové vozy jsou vybrány z důvodu jednoduššího porovnání ceny (není potřeba definovat stáří vozu a další kritéria, pro přesné porovnání ceny ojetého vozu) a druhým důvodem je fakt, že daňový základ lze snížit o výši odpisů nového vozu. Spotřeba v městském režimu má nejvyšší váhové ohodnocení, protože je podle autorky, pro obslužné vozidlo, nejdůležitější. Do kritéria výbava autorka zahrnuje protiskluzovou podlahu, obložení stěn vozu, otvírání zadních dveří a podobné vybavení ložného prostoru, které podle nabídky výrobce oboduje (stupnice 1 až 10). Posledními třemi kritérii jsou samotný ložný prostor a jeho velikost, nosnost a nakonec blízkost autorizovaného servisního střediska, hodnocena bivalentně (0 není v Pardubicích/ 1 je v Pardubicích). Kritéria ceny, spotřeby ve městském režimu a mimo město jsou minimalizačního charakteru a jejich hodnoty se budou při řešení přepočítávat na maximalizační. Naopak u vybavení, ložného prostoru, nosnosti a možnosti využití autorizovaného servisu přímo v Pardubicích, jsou kritéria hodnocena maximalizačně a jejich hodnoty se přepočítávat nemusí. Původní kritériální matice je vyjádřena tabulkou číslo 2. Autorka se snažila porovnat ceny a parametry vozidel o přibližně stejném výkonu 120 kW, který ale není hodnotícím kritériem.



**Tabulka 2 – Kriteriační matice**

Výkon motoru	Vozidlo	Cena bez DPH [Kč]	Spotřeba město [l/100 km]	Spotřeba mimo [l/100 km]	Nosnost [kg]	Vybava [body]	Ložný prostor [m <sup>3</sup> ]	Servis
2,2 TDCi 114 kW	F. Transit	796 900	13,1	8,5	1250	8	14,3	1
2,0 BiTDi 120 kW	VW Crafter	747 500	13,6	8,7	1300	7	15,5	1
2,2 HDi 130 kW	P. Boxer	738 200	13,2	8,8	1250	6	15	1
216 Cdi 120 kW	M. Sprinter	790 000	14,5	9	1200	9	15,5	0
2,2 HDi 130 kW	C. Jumper	726 800	13,5	8,7	1300	6	15	1

Zdroj: autorka na podkladech prodejců automobilů

Údaje pro kriteriační matici byly získány z internetových stránek prodejců daných užitkových vozidel (29, 30, 31, 32, 33). Hodnoty kriteriační matice je nutné upravit tak, aby všechna kriteria byla maximalizačního charakteru dle principu vzdálenosti prvku od hodnoty „nejhorší“ pro dané kritérium. Upravená kriteriační matice je v disertační práci uvedena jako Příloha 4. Z této matice se následně sestaví bazální a ideální varianta, potřebná pro přepočítání na normalizovanou matici. Přepočítání je provedeno za použití vzorce 1.4. Normalizovaná matice je uvedena v tabulce 3.

**Tabulka 3 – Normalizovaná matice**

Vozidlo	Cena bez DPH [Kč]	Spotřeba město [l/100 km]	Spotřeba mimo [l/100 km]	Nosnost [kg]	Vybavení [body]	Ložný prostor [m <sup>3</sup> ]	Servis
F. Transit	0	1	1	0,5	0,667	0	1
VW Crafter	0,705	0,643	0,6	1	0,333	1	1
P. Boxer	0,837	0,929	0,4	0,5	0	0,583	1
M. Sprinter	0,098	0	0	0	1	1	0
C. Jumper	1	0,714	0,6	1	0	0,583	1

Zdroj: autorka

Prvky normalizované matice nabývají hodnot z intervalu  $(0;1)$ , tím se eliminují rozdílné hodnoty pro daná kriteria, tedy fakt, že každé kritérium může nabývat odlišných hodnot. Normalizování převede všechny kriteriační hodnoty na stejnou úroveň. Z normalizované matice ještě nelze přesně vyčíst, která varianta je nejvhodnější, protože se nezapočítává váha kriteria. Ta je zahrnuta v posledním kroku WSA, kdy se provede skalární součin mezi normalizovanými hodnotami jednotlivých variant a vektorem vah pro jednotlivá

kriteria. Při výpočtu metodou WSA pro výběr obslužného vozidla, byl zjištěn následující užitek jednotlivých variant, který je uveden v tabulce 4.

**Tabulka 4 – Výsledky WSA**

<b>Vozidlo</b>	<b>Výsledek</b>
F. Transit	0,56667
VW Crafter	<b>0,72499</b>
P. Boxer	0,64712
M. Sprinter	0,26969
C. Jumper	0,70607

Zdroj: autorka

Z výsledků metody váženého součtu vyplývá, že nejvhodnějším obslužným vozidlem, z množiny vybraných vozidel, je vůz značky Volkswagen Crafter, s motorem 2,0 BiTDi o výkonu 120 kW, splňující emisní normu EURO V. Cena vozu, odvislá od výbavy, se pohybuje kolem 750 tisíc Kč, spotřeba v městském režimu je zhruba 13,4 až 13,7 litrů na 100 km a jeho objem ložného prostoru pro sledovanou verzi je 15,5 m<sup>3</sup> s parametry 4300 x 1800 x 2140 mm. Druhým v pořadí je vůz značky Citroen, který měl srovnatelné hodnoty ve většině sledovaných kritérií. Autorka práce bude respektovat výsledky metody a pro obsluhu si vybere vůz Volkswagen Crafter.

#### **5.4 Vyhrazená parkovací stání pro obslužná vozidla**

V rámci redukce pohybu vozidel po sledovaném území je jednou z možných řešení, definování vyhrazených míst pro zastavení vozidel dopravní obsluhy. Na základě rozhovoru se zástupcem Odboru hlavního architekta města Pardubice je dost reálné, že se k tomuto kroku v určitém časovém horizontu přistoupí. I z hlediska řešení city logistiky na Třídě Míru je nutné se touto možností zabývat a pro účely disertační práce a modelování dopravní obsluhy, si tyto místa vymezit. Parkování je dle (34) umístění vozidla mimo jízdní pruhy pozemní komunikace na čas potřebný k nákupu, návštěvě a nebo naložení a vyložení nákladu. Parkovací stání je pak plocha určená pro parkování nebo odstavení jednoho vozidla. Dělí se dle vozidel, pro která jsou určena (osobní, lehká užitková, nákladní atd.), případně podle uživatelů (rezidenti, abonenti, zákazníci, zásobování atd.). Dále je pro parkovací stání nutné uvést základní tzv. směrodatné vozidlo, pro které je primárně určeno. V tomto konkrétním případě směrodatným vozidlem je Volkswagen Crafter, z kapitoly 4.3. Parkovací stání se navrhuje buď s podélným, kolmým nebo šikmým řazením vozidel. V řešené oblasti bude vhodným řešením podélné stání, které není náročné ani na prostor a technické úpravy a umožňuje snadné zajíždění a vyjíždění vozidla. Navrhovaná vyhrazená parkovací stání by

byla značena vodorovným dopravním značením a svislou dopravní značkou dle příslušného právního předpisu<sup>4</sup>. Parametry vyhrazeného parkovacího stání pro lehká užitková vozidla vycházejí z (34) a parametrů směrodatného vozidla (6 940 x 1 993 mm), délka stání by tedy byla 7,5 m a šířka 2,5 m.

Do zákazníků systému obsluhy prostřednictvím MDC byly zařazeny pouze ty provozovny, které nemají jinou možnost jak zásobovat než právě z Třídy Míru. Zákazník číslo 7 (Tesco), u něhož není v prostorových možnostech zásobovat z jiného místa, než parkoviště za budovou, bude vždy zásobován pouze z tohoto místa. V této kapitole budou navrženy místa pro konkrétní zákazníky. Vzhledem k rozmístění provozoven, kdy se dvě nachází na levé straně a čtyři na pravé straně třídy (brána směrem do centra) a v závislosti na dalších možných zákaznících, kteří by mohli využít vyhrazených míst, budou definována tři vyhrazená místa. Vždy v těsné blízkosti zařazených zákazníků, tak aby docházková vzdálenost výrazně neovlivňovala dobu obsluhy. Na obrázku číslo 9 jsou místa znázorněna červeně.



**Obrázek 9 – Vyhrazené parkovací stání pro obslužná vozidla**  
Zdroj: Katastrální úřad, úprava autorka

Režim zásobování by byl v podstatě stejný, s tím rozdílem, že obslužná vozidla by nestála přímo před provozovnou, ale právě na nejbližším vyhrazeném místě. Vyřešil by se tím i problém se soukromými vozy majitelů provozoven, jenž by tyto místa mohla blokovat na mnohem kratší dobu, než jak je tomu v současnosti. S vyhrazenými místy bude počítáno v jedné úrovni scénářů v Clarke-Wrightově metodě, kdy se díky jejich využití zredukuje počty zákazníků, pozmění se tím i vzdálenostní matice. Délka pobytu obslužného vozidla na

<sup>4</sup> Vyhláška č. 30/2001 Sb., část druhá – úprava provozu na pozemních komunikacích, dopravní značky

vyhrazeném stání je stanovena podle počtu obsluhovaných zákazníků a jejich konkrétních požadavků, které jsou uvedeny v tabulce číslo 5. Tato místa jsou volena na základě požadavků zákazníků a dle jejich rozmístění v řešené oblasti. Matematickou metodou, jenž by optimalizovala jejich umístění by byla například Trojúhelníková metoda, na takto malém segmentu, však její využití nemá takový význam i vzhledem k faktu, že z **prvního** stání se bude obsluhovat pouze zákazník 1, ze **druhého** 5., 6. a ze **třetího** zákazníci 2, 3, 4.

Využití vyhrazených míst na řešené oblasti je velice reálné. Pokud by nedošlo k dohodě mezi zástupci města a majiteli provozoven na novém režimu zásobování, lze očekávat, že redukce pohybu vozidel (včetně soukromých) a proměna Třídy Míru na pěší zónu, bude právě prostřednictvím těchto míst.

### 5.5 Souhrn omezujících podmínek pro řešení dopravně-logistické obsluhy

Tato kapitola byla věnována důležitým omezujícím podmínkám, které mají vliv na řešení dopravně-logistické obsluhy. Byl vymezen atrakční obvod MDC, vysvětlen důvod, proč se autorka práce, při praktické aplikaci city logistické obsluhy, zaměří pouze na obsluhu specifické části města Pardubice. Dále byly definovány dvě lokace pro MDC. Obě byly stanoveny s ohledem na dopravní infrastrukturu a možnost maximálního využití již stávající infrastruktury. Každá lokace má své výhody i nevýhody, které budou zohledňovány při dalším řešení. Pro každou lokaci bude modelována dopravní obsluha jak v programu NetOpt, tak vypočítána Clarke-Wrightovou metodou.

Otázky dotazníkového řešení byly rozebrány v kapitole 4.2. Dotazníkové šetření bylo nutné pro získání představy o průběhu zásobování v řešené oblasti. Na základě odpovědí bylo vybráno sedm odběratelů, jejichž odpovědi posloužily k sestavení matice časových a zbožových požadavků, která je uvedena v tabulce 5. Pro úplnost řešení se bude modelovat jak situace za současných dopravních omezení, tak i s definovanými časovými okny a místy pro zastavení zásobovacích vozidel.

**Tabulka 5 – Přehled zbožových toků a požadavků na zásobování**

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Počet log. jed.	12 (LJ4)	1 (LJ2)	8 (LJ2)	4 (LJ2)	6 (LJ1)	5 (LJ2)	4 (LJ3)
Čas. Okno	6 <sup>00</sup> - 8 <sup>00</sup>	6 <sup>00</sup> ; 14 <sup>00</sup>	do 10 <sup>00</sup>	8 <sup>00</sup> - 16 <sup>00</sup>	dopoledne	během dne	dopoledne
Frekvence	3x týdně	2x denně	denně	denně	Denně	2x týdně	3x týdně
Sudý den (út, čt)		1 x LJ2	8 x LJ2	4 x LJ2	6 x LJ1	5 x LJ2	4 x LJ3
Lichý den	12 x LJ4	1 x LJ2	8 x LJ2	4 x LJ2	6 x LJ1		
$q_i \cdot t_i$ [min] (dle vzorce 3.3)	48	3	20	10	30	13	32

Zdroj: dotazníkové šetření, autorka

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

Z tabulky je patrné, že lze vydefinovat časová okna pro zásobování a také jejich délku. Každý zákazník uvádí odlišnou délku trvání obsluhy, která je závislá na přebíraném objemu, proto byly autorkou práce definovány čtyři tzn. logistické jednotky, u kterých bude nastavena různá časová náročnost pro převzetí, tak i jejich velikost. Zohlední se tím i různé zbožové toky, ale zároveň budou kvantifikovatelné. Do časové náročnosti předání logistické jednotky je zahrnuto nejen samotné předání, ale i vrácení prázdných obalů a jejich bezpečné uložení. Stanovené hodnoty jsou průměrné.

Logistickou jednotkou číslo jedna (dále jen LJ1) je plastová přepravka s parametry 600 x 400 x 200 mm a na její předání se bude počítat 5 minut. Objem jedné jednotky je 0,048 m<sup>3</sup> a stohovat lze maximálně 10 jednotek na sebe. Logistickou jednotkou číslo dvě (dále jen LJ2) je papírová krabice s o parametrech 600 x 400 x 400 mm a na jejíž manipulaci se budou vztahovat přibližně 2,5 minuty. Objem jedné jednotky je 0,096 m<sup>3</sup> a stohovat lze maximálně 5 jednotek na sebe. Časový údaj je menší, protože u plastových přepravek je z důvodu bezpečnosti nutné přesné uložení do vytvarovaných částí předchozí uložené jednotky a dále je nutné započítat i čas pro zpětné zbožové toky, tedy vrácení prázdných jednotek. Poslední dvě logistické jednotky jsou voleny v závislosti na specifických odpovědích zákazníků 1 a 7. Třetí logistickou jednotkou (dále jen LJ3) je klasická normovaná dřevěná euro paleta s parametry 1200 x 800 x 145 mm s časovými nároky 8 minut a objemem (včetně zboží) 1,5792 m<sup>3</sup> (ložená paleta má parametry 1200 x 800 x 1645 mm). LJ3 bude používána pouze pro zákazníka 7, tedy obchodní dům Tesco. Žádný další odběratel ve svém dotazníku nespécifikoval, že by k manipulaci využíval paletový vozík, nebo nedefinoval, že zboží je naloženo pouze na této manipulační jednotce a příjemce s ní ve své provozovně manipuluje. Zákazník 7 má široké spektrum zbožových toků. Některé druhy zboží jsou distribuovány přímo z vlastního distribučního centra. Proto je nutné vybrat ty druhy zboží, u kterých je reálný předpoklad, že by mohly být začleněny do konceptu obsluhy prostřednictvím MDC. Vzhledem k dodatečné komunikaci s logistickým oddělením obchodního domu, byly vybrány zbožové toky výrobců piv. Základním argumentem pro zapojení, je využití nového skladového prostoru v síti skladů výrobců, které by tuto síť rozšířilo a dále snížilo náklady na menší dopravní prostředky, kterými je Tesco zásobováno. Obsluha by následně probíhala kapacitním vozidlem do MDC, ze kterého by se zásobovalo nejen Tesco, ale i další zákazníci MDC (konkrétně zákazníci č. 3 a 5). Snížily by se tím logistické náklady, snadněji by se řešily toky vratných obalů, které by se sdružovaly. Stejný argument se dá využít i pro obsluhu zákazníka 1 (drogerie Rossmann). Jenž v tomto systému

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

obsluhu bude využívat logistickou jednotku číslo čtyři (dále jen LJ4). Jedná se o klece tzv. Roll Cages o parametrech 600 x 800 x 1600 mm a časové náročnosti vzhledem k snadné manipulaci pouze 4 minuty a definovaným objemem 0,768 m<sup>3</sup>.

Pro Clarke-Wrightovou metodu je nutné sestavit matice vzdáleností jednotlivých zákazníků od obou variant umístění MDC. Jak již bylo zmíněno v této kapitole, z důvodu zohlednění dopravních omezení v centru města, budou obě matice nesymetrické. Vzdálenostní matice jsou uvedeny v tabulkách 6 a 7. Vzdálenostní matice byla sestavena s tím, že na základě současných dopravních omezení, která jsou v řešené oblasti, bylo počítáno s možností otočení v křižovatce Třídy Míru a Jindřišské ulice, kde při výjezdu sice platí příkazný směr jízdy vpravo. Toto dopravní značení je však doplněno dodatkovou tabulkou, že omezení platí mimo dopravní obsluhu, místní obyvatele a povolení vydaná Úřadem městského obvodu Pardubice I. Z technologického pohledu je v podstatě jedno, kde se provede otočení vozidla, protože pokud se otočení vztahuje pouze k vybrané oblasti a všechna otočení obslužného vozidla tak probíhají pouze v jediném místě, mají sice vliv na délku konečné okružní jízdy, ale nezmění ráz ani výslednou posloupnost obsluhovaných vrcholů. Z tohoto důvodu autorka volila nejbližší místo, vhodné pro otočení vozidla.

**Tabulka 6 – Vzdálenostní matice Opatovice nad Labem, uvedené hodnoty jsou v [m]**

	MDC (1)	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
MDC (1)	0	10145	10295	9772	9810	9916	9920	9676
Zákazník 1	10162	0	150	565	603	326	344	924
Zákazník 2	9910	332	0	415	453	559	587	774
Zákazník 3	10351	288	441	0	38	146	164	1052
Zákazník 4	10313	254	403	408	0	106	130	1014
Zákazník 5	10207	137	287	332	370	0	18	978
Zákazník 6	10189	125	269	314	352	462	0	960
Zákazník 7	9991	1186	1336	954	992	1061	1079	0

Zdroj: autorka na mapových podkladech maps.google.com

V tabulce číslo 6 jsou uvedeny vzdálenosti jednotlivých obsluhovaných zákazníků, přičemž jejich pořadí je následující: Benu lékárna (zákazník 1), Rossman drogerie (zákazník 2), Toscana pizzerie (zákazník 3), Špalda - zdravá výživa (zákazník 4), Martini's Café – bar (zákazník 5), obchod s keramikou (zákazník 6) a Tesco obchodní dům (zákazník 7).

**Tabulka 7 – Vzdálenostní matice Semtín, uvedené hodnoty jsou v [m]**

	MDC (2)	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
MDC (2)	0	5837	5987	5546	5604	5710	5728	5459
Zákazník 1	5660	0	150	565	603	326	344	924
Zákazník 2	5510	332	0	415	453	559	587	774
Zákazník 3	5951	288	441	0	38	146	164	1052
Zákazník 4	5913	254	403	408	0	106	130	1014
Zákazník 5	5807	137	287	332	370	0	18	978
Zákazník 6	5789	125	269	314	352	462	0	960
Zákazník 7	5351	1186	1336	954	992	1061	1079	0

Zdroj: autorka na mapových podkladech maps.google.com

Jak již bylo zmíněno v této kapitole, vzdálenostní matice je nesymetrická a zohledňuje dopravní restrikce.

Omezujícími podmínkami, které ovlivní trasu obslužného vozidla, jsou:

- zbožové požadavky zákazníka,
- kapacita vozidla,
- délky jednotlivých hran  $i$
- manipulační čas pro různé logistické jednotky.

Úloha bude řešena pro dvě alternativy umístění centra, u kterých bude pro každou alternativu počítáno s neomezeným časovým oknem pro zásobování (současný stav) a s definovaným časovým oknem ( $6^{30} - 9^{00}$ ). U zákazníka číslo 2 bylo v dotazníku vyplněno i druhé časové okno, které není v rozmezí  $6^{30} - 9^{00}$ . Ve farmaceutickém průmyslu probíhá jedno zásobování standardně v ranní hodinách běžnými léčivými a druhé odpolední je určeno pro ty druhy léčiv, které jsou na vyžádání a nebyly k dispozici během dopoledních hodin. Proto je u této druhé obsluhy předpoklad, že bude nutno zásobit ho z některého z nadřazených skladů a nemusí být uvažováno pro obsluhu z MDC.

**Tabulky 8, 9 – Matice vzdáleností, uvedené hodnoty jsou v [m]**

	MDC (1)	Stání 1	Stání 2	Stání 3	Stání 4		MDC (2)	Stání 1	Stání 2	Stání 3	Stání 4
MDC (1)	0	10145	9916	9772	9676	MDC (2)	0	5837	5710	5546	5459
Stání 1	10162	0	326	565	0	Stání 1	5660	0	326	565	940
Stání 2	10207	137	0	332	978	Stání 2	5807	137	0	332	978
Stání 3	10351	288	146	0	1052	Stání 3	5951	288	146	0	1052
Stání 4	9991	1186	1043	899	0	Stání 4	5351	1186	1043	899	0

Zdroj: autorka na mapových podkladech maps.google.com

Vzhledem k plánovanému omezení pohybu obslužných vozidel na Třídě Míru, bude součástí omezujících podmínek poslední varianty sestavení okružních jízd, definování vyhrazených míst pro zastavení obslužných vozidel. V zadání úlohy pro sestavu okružní

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

jízdy, budou tyto vyhrazená místa znamenat redukci počtu obsluhovaných vrcholů, kdy se bude jednat o omezenou množinu zákazníků. Při sdružování zákazníků obsluhovaných z jednoho místa se bude přihlížet k docházkové vzdálenosti, která v některých případech nebude odpovídat prvkům matice vzdáleností, protože ta v sobě zahrnuje i dopravní omezení a pravidla silničního provozu. V důsledku toho, je nutné pro konkrétní scénář sestavit nové matice vzdáleností, které jsou uvedeny v tabulkách 8 a 9. Poslední scénář se bude věnovat omezení prostorovému i časovému.



## **6 MODELOVÁNÍ DOPRAVNÍ OBSLUHY METODOU CLARKE-WRIGHT**

Pro široký pohled na možné alternativy dopravní obsluhy řešeného území, bude autorka modelovat dopravně-logistickou obsluhu různými scénáři. Scénáře budou rozděleny podle umístění MDC, časových a prostorových omezení v zásobování na řešeném území.

Použitá Clarke-Wrightova metoda byla blíže popsána v kapitole 3. 2. 3, ze které bude použit vzorec 3.4 pro převedení vzdálenostní matice na matici úspor a 3.3 pro výpočet doby přepravy. Postup pro každý scénář je následující, z matice úspor se vybere prvek s maximální výhodností a dle konkrétních požadavků na daný scénář se trasa sdruží nebo nikoliv. Konkrétní omezující podmínky pro každý scénář budou vymezeny na začátku jednotlivých kapitol. Základní omezující podmínkou je objem ložného prostoru ( $15,5 \text{ m}^3$ ) a jeho parametry ( $4300 \times 1800 \times 2140 \text{ mm}$ ). Dále pak naplnění požadavků na sudé a liché dny. Pro scénáře individuální pak budou časová okna  $6^{30} - 9^{00}$  a vyhrazená místa pro zastavení obslužných vozidel. Všechny okružní trasy pro navržené scénáře budou sestaveny Clarke-Wrightovou metodou a srovnány s výstupy z programu NetOpt. Zároveň bude přihlédnuto k případným požadavkům na rozdílné objemy zboží v rámci jednoho týdne. Rozdílné trasy budou vyhodnoceny. Program NetOpt je v práci využit pro kontrolu ručně získaných vzdálenostních údajů a ověření sestavených posloupností vrcholů.

### **6.1 Městské distribuční centrum Opatovice nad Labem**

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.1 Opatovice nad Labem jsou první alternativou umístění MDC. Areál má výborné dopravní napojení, parametry budovy splňují kapacitní požadavky ( $75 \times 20 \text{ m}$ ) a za budovou je dostatek místa pro případné odstavné plochy i pro manipulační jízdy s jízdními soupravami. V této kapitole se budou řešit jednotlivé scénáře obsluhy z MDC Opatovice nad Labem, kdy se obsluha bude uskutečňovat jedním vozidlem o kapacitě  $15,5 \text{ m}^3$ .

#### ***1. scénář – současná situace***

První scénář má v omezujících podmínkách nastaveny stejná časová omezení, která jsou v současnosti na sledovaném území, tedy že obslužná vozidla nemají žádné časové omezení, mohou do řešené oblasti s jednorázovým nebo celoročním povolení vjezdu. Není definována maximální doba obsluhy. V tomto scénáři je dále počítáno s individuální obsluhou, tedy že vozidlo zastaví před každou zařazenou provozovnou a jednotlivě ji obslouží. Nejsou definovány vyhrazená místa pro stání, vzdálenostní matice odpovídá

tabulce číslo 6. Ta je převedena na matici úspor a uvedena jako tabulka číslo 10, využit byl vzorec 3.4, zvýrazněný prvek je maximální úspora při sdružení trasy obsluhy zákazníků.

**Tabulka 10 – Matice úspor MDC Opatovice, uvedené hodnoty jsou v [m]**

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Zákazník 1	0	19905	19901	19855	19926	19990	19406
Zákazník 2	19925	0	19865	19755	19943	19897	19586
Zákazník 3	19646	19241	0	20047	19420	19797	18721
Zákazník 4	19718	19317	19753	0	19950	19869	18797
Zákazník 5	19941	19539	19935	19859	0	<b>20087</b>	18939
Zákazník 6	19957	19561	19956	19881	19665	0	18961
Zákazník 7	18898	18584	19311	19240	19022	18990	0

Zdroj: autorka na podkladech tabulky č. 6

Zvýrazněný maximální prvek znamená při sdružení obsluhy zákazníků v pořadí od 5. ke 6. největší kilometrickou úsporu. Kapacita obslužného vozidla při sdružení obou požadavků (dohromady 5 x LJ2 a 6 x LJ1) není překročena, takže k tomuto kroku může dojít. Doba potřebná pro zásobování je dohromady 43 minut. Stejným způsobem se postupuje v dalších iteracích. Celý postup je uveden jako Příloha 5.

Výsledné okružní jízdy pro 1. scénář jsou v pořadí MDC1– Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z1 – Z2 – MDC1 a MDC1 – Z7 – MDC1. Dvě jsou výsledkem kapacitního omezení ložného prostoru vozidla, kdy sdružení materiálových toků směřujících k zákazníkovi 7 a předchozích zbožových toků překročuje nákladový prostor o 2 m<sup>3</sup> a ložnou plochu o více jak 3 m<sup>2</sup> (viz Příloha 5). Výsledné trasy jsou dlouhé 20119 m a 19677 m (přibližná spotřeba paliva je 6 litrů na obě jízdy dohromady). Aby byly naplněny beze zbytku zbožové požadavky, je nutné zohlednit fakt, že někteří zákazníci systému uvedli odlišné objemy zboží v rámci sudých a lichých dnů v týdnu (viz tabulka číslo 5), proto je nutné výslednou trasu upravit dle těchto požadavků. A stejným postupem sestavit nový plán okružních jízd. Zohlední-li se časové požadavky na zbožové toky, pak pořadí obslužených zákazníků vypadá následovně: pro liché dny (po, st, pá) MDC1– Z3 – Z4 – Z5 – Z1 – Z2 – MDC1 a sudé dny (út, čt) MDC1– Z3 – Z4 – Z5 – Z6– Z2 – Z7 – MDC1. Délky tras jsou pak pro liché dny 20113 m a 20968 m. Protože se na první pohled jeví okružní jízda pro sudé dny jako neefektivní, vzhledem k faktu, že okružní jízda začíná u druhého zákazníka a končí u sedmého, autorka provedla ověření prostřednictvím součtu prvků ve vzdálenostní matici. Prostorově efektivněji se jeví zahájit obsluhu sedmého zákazníka a dále přes třetího pokračovat a jízdu zakončit obsluhou zákazníka číslo dvě. Po provedení součtu všech projetych úseků se potvrdil výsledek C-W metody. Výsledná trasa, zahájená u zákazníka 3, byla 20968 m, kdyby se realizovala trasa zahájená u zákazníka sedm, byla by dlouhá 20971 m. Rozdíl je v kontextu ujetých vzdáleností

zanedbatelný, ale dokládá, že nastavený systém výpočtu okružní jízdy funguje správně. Při takto malém rozdílu ujeté vzdálenosti by do rozhodovacího procesu mohly vstoupit kritéria preference daného zákazníka, zkušenost se silničním provozem apod.

Přesné pořadí obsluhovaných vrcholů se pozitivně promítne do nakládky zboží, tak aby nedocházelo ke zbytečným prostojům při přerovnávání zásilek. Výsledkem 1. scénáře je okružní jízda pro liché dny v pořadí obsluhovaných vrcholů Z3, Z4, Z5, Z1 a Z2. Samotná obsluha vzhledem použitým k logistickým jednotkám trvá 111 minut. Pro sudé dny je pořadí obsluhovaných vrcholů následující Z3, Z4, Z5, Z6, Z2 a Z7. Samotná logistická obsluha pak trvá 107 minut.

## **2. scénář – časové okno 6<sup>30</sup> – 9<sup>00</sup>**

Druhý scénář má jako omezující podmínku nastavené časové okno, ve kterém musí proběhnout obsluha. Je nutné ověřit, zda při daných zbožových požadavcích lze z prvního MDC realizovat kompletní obsluhu v daném časovém okně při využití pouze jednoho vozidla. Definované časové okno vychází ze zákaznických požadavků a vztahuje se pouze na logistickou obsluhu a jízdu mezi jednotlivými místy vykládky zboží. Důležitou roli hraje i rychlost, kterou se obslužné vozidlo pohybuje. Pro ověření v softwaru NetOpt byla rychlost pohybu vozidla (mezi vrcholy) stanovena na 15 km/h. Od této rychlosti se bude odvíjet čas strávený při obsluze, který se bude započítávat do celkového času obsluhy a je limitován délkou časového okna. Vycházet se bude z matice úspor (viz. Tabulka 10) a provede se stejný postup jako u prvního sestavení okružní jízdy s tím, že jako další omezující podmínka je zařazeno časové okno. Sestava trasy bude ukončena v okamžiku překročení limitu 2,5 hodin na obsluhu a jízdu mezi jednotlivými zákazníky nebo při vyčerpání množiny zákazníků. Protože v 1. scénáři se autorka přesvědčila, že naplnění všech požadavků v rámci jedné cesty není kapacitně možné a ani žádoucí ze strany zákazníků, bude sestavovat vždy jízdu pro sudé a liché dny odděleně.

Pro požadavky v liché dny byla sestavena stejná okružní jízda jako v 1. scénáři (MDC1– Z3 – Z4 – Z5 – Z1 – Z2 – MDC1). Tato obsluha trvá necelých 112 minut. Výsledky jsou v tabulce číslo 11.

**Tabulka 11 – Výsledky 2. scénáře (liché dny)**

Celkem (limit)	obsluha [min]	110,5
15,5 m <sup>3</sup>	objem [m <sup>3</sup> ]	10,752
7,74 m <sup>2</sup>	Plocha [m <sup>2</sup> ]	6,72
	jízda [min]	1,224
150 min	Celkem [min]	111,724

Zdroj: autorka

I pro požadavky v sudých dnech vyšla stejná okružní jízda jako v 1. scénáři (MDC1– Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z2 – Z7 – MDC1) a obsluha, která trvá 112 minut. Tabeleární výsledky jsou uvedeny v tabulce 12. Délky tras jsou pak pro liché dny 20113 m a pro sudé 20968 m.

**Tabulka12 – Výsledky 2. scénáře (sudé dny)**

Celkem (limit)	obsluha [min]	107
15,5 m <sup>3</sup>	objem [m <sup>3</sup> ]	8,3328
7,74 m <sup>2</sup>	Plocha [m <sup>2</sup> ]	5,04
	jízda [min]	4,588
150 min	Celkem [min]	111,588

Zdroj: autorka

Z výsledků je patrné, že ani definované časové okno určené pro dopravně-logistickou obsluhu, výrazně neovlivní okružní jízdy. Všechny požadavky jsou naplněny a limit je dodržen. Zařazení zákazníci představují sice menšinu ze všech provozoven na sledovaném území, ale pro potřeby disertační práce přispěli svými požadavky k vytvoření modelového prostředí, ve kterém lze ověřit různé omezující podmínky, které by v budoucnu mohly ovlivňovat provoz na řešeném území.

### **3. scénář – vyhrazené stání**

Jak již bylo vysvětleno v kapitole 4.4, pro eliminaci pohybu vozidel na vybraném území, lze využít i tzv. vyhrazeného parkovacího stání pro obsluhu vozidla. Pro účely práce, v závislosti na rozmístění zákazníků, byly definovány tři místa, ze kterých by se obsluha uskutečňovala. První stání je pouze pro zákazníka 1. Druhé stání je určeno pro zákazníka 5 a 6, obsluhovat se budou oba dva zákazníci. Třetí stání je před zákazníkem 3, s tím že se z něho bude obsluhovat nejen zákazník 3 a 4, ale také zákazník 2. Zákazník 7 má jasně definované místo, ze kterého probíhá zásobování a proto bude obsloužen také samostatně. Při využití vyhrazených parkovacích stání se musí vytvořit nová matice vzdáleností, která bude mít pouze čtyři obsluhované vrcholy. Tato matice je uvedena v tabulce číslo 8 a matice úspor v tabulce číslo 13. Ze třetího stání se obsluhují tři zákazníci, proto je nutné k době obsluhy započítat ještě čas potřebný k překonání docházkové vzdálenosti k jednotlivým zákazníkům. Průměrná rychlost chůze je dle (35) 4,5 km/h, docházková vzdálenost mezi zákazníky 25 m a 38 m. Pro druhé stání je docházková vzdálenost k zákazníkovi 18 m. Docházková vzdálenost mezi zákazníky se liší od matice vzdáleností, protože je nutné přihlídnout k pravidlům silničního provozu, u docházkové vzdálenosti se nemusí zohledňovat jízdní pruhy a směr, ve kterém se komunikace projíždí, nebo zastavuje vozidlo.

**Tabulka 13 – Matice úspor, vyhrazené stání MDC1, uvedené hodnoty jsou v [m]**

	Stání 1	Stání 2	Stání 3	Stání 4
Stání 1	0	20026	19971	20146
Stání 2	19941	0	19952	19339
Stání 3	19646	20033	0	18721
Stání 4	18652	18840	19128	0

Zdroj: autorka na podkladech tabulky č. 8

Okružní jízda pro liché dny je v pořadí MDC1 – S3 – S2 – S1 – MDC1 s tím, že obsluha trvá i s chůzí 114 minut a výsledek je uveden v Příloze 6. Ani vyhrazené stání nemá zásadní vliv na délku obsluhy a je vhodným řešením pro eliminaci fyzických vjezdů vozidel obsluhy. V dotaznících bylo uvedeno, že zákazníci využívají k manipulaci tzn. rudl, proto je ve výpočtu vždy zahrnuta chůze pro tento manipulační prostředek, tak aby zaměstnanec provozovny nemusel přerušit svoji činnost. Ze stání, kde se obsluhuje naráz více zákazníků, je počítána větší přírážka na docházku, konkrétně u třetího stání je celková docházková vzdálenost 202 m a čas potřebný k překonání této vzdálenosti je zaokrouhlen vždy na celé minuty.

Sestavená posloupnost v sudých dnech je MDC1 – S3 – S2 – S4 – MDC1. Obsluha, včetně docházkových přírážek, trvá 111 minut a výsledná tabulka je uvedena v Příloze 6. Délka okružní jízdy pro liché dny je 20217 m a 20887 m pro sudé .

#### **4. scénář – vyhrazené stání a časové okno 6<sup>30</sup> – 9<sup>00</sup>**

Poslední řešenou variantou je situace, kdy v obsluze je nutné přihlídnout nejen k docházkovým vzdálenostem, ale také jízdě mezi vyhrazenými parkovacími stáními. Obsluha v lichých dnech je uskutečněna v pořadí vrcholů MDC1– S3 – S2 – S1 – MDC1, včetně přírážek na chůzi (202 m) a jízdu (296 m) trvá 115,5, respektive 116 minut.

V sudých dnech je obsluha při započtení přírážek na docházku (274 m) a jízdu mezi jednotlivými stáními (1124 m) 116 minut. Okružní jízda je provedena v pořadí MDC1 – S3 – S2 – S4 – MDC1. Oba výsledky jsou přejaty z tabulek uvedených v Příloze 6. Ani kombinace vyhrazeného parkovacího stání s časovým oknem, zásadně nelimituje dopravně-logistickou obsluhu a podmínky 4. scénáře i dosažené výsledky podporují fakt, že v řešené oblasti by mohly vzniknout výraznější dopravní restriktce pro obslužná vozidla s tím, že by tyto omezení neměly žádný vliv na současné uspokojování požadavků zákazníků.

#### **6.1.1 Vyhodnocení scénářů pro první lokaci MDC**

Ve všech řešených situacích vždy zůstala výrazná časová rezerva pro případné odchylky od běžného režimu a neočekávané změny. Vzhledem k tomu, že do řešení nebyla zahrnuta jízda z areálu centra, lze předpokládat, že výsledky řešených scénářů budou podobné

i u druhé lokace. Ale náklady na celkovou jízdu budou v každém případě jiné. V rámci výsledků scénářů se potvrdilo, že zadané požadavky zákazníků lze uspokojit pouze jedním vozidlem o definovaných parametrech. Otázka by byla, kdyby se zařadilo výrazně větší množství zákazníků do systému obsluhy než se kterým bylo počítáno. To ale vzhledem k nedostatečnému objemu vstupních dat, v současné situaci nelze ověřit. Z výsledků samotných scénářů je dále patrné, že dopravně-logistická obsluha na řešeném segmentu má výrazné rezervy a pro zlepšení pohybu a hlavně počtu vozidel v oblasti by bylo vhodné určité restriktce navrhnout. Autorka se přiklání k názoru, že vyhrazené parkovací stání je vhodným a přijatelným řešením. Stání, definovaná v práci, jsou navržena pouze pro ty zákazníky, kteří poskytli dostatečné množství informací a mohli proto být jejich požadavky zařazeny do modelové situace.

## 6.2 Městské distribuční centrum Schenker

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.1 druhou alternativou umístění MDC je využití kapacity a služeb logistického centra společnosti Schenker s.r.o. Na území areálu je vlastní funkční železniční vlečka a dále účelovou komunikací je areál napojen na silnici I. třídy (I/36). V této kapitole se budou řešit stejné scénáře obsluhy z MDC Schenker, jak tomu bylo u MDC Opatovice. Jejich výsledky budou porovnány v závěrečném souhrnu kapitoly.

### 1. scénář – současná situace

Omezující podmínkou pro sestavení okružní jízdy je, v 1. scénáři, pouze velikost ložné prostoru a jeho objem. Při výpočtech se vychází z matice úspor pro MDC2 uvedené v tabulce 14.

**Tabulka 14 – Matice úspor Schenker, uvedené hodnoty jsou v [m]**

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Zákazník 1	0	11092	11118	11032	10493	11177	10272
Zákazník 2	11183	0	10418	10732	10410	11084	10572
Zákazník 3	10812	10536	0	11332	9995	11092	9895
Zákazník 4	10884	10612	11048	0	10486	11164	9971
Zákazník 5	11107	10834	11230	11144	0	<b>11382</b>	10113
Zákazník 6	11137	10870	10866	11180	10254	0	10149
Zákazník 7	9810	9537	10415	10329	9407	10091	0

Zdroj: autorka na podkladech tabulky č. 7

Matice úspor je úplná. Pro jednotlivé dny však je vždy vyřazen ten řádek a sloupec, který odpovídá neobsluhovanému zákazníkovi. Pro tento scénář je výsledná okružní jízda stejná jako pro 1. scénář z MDC Opatovice MDC2 – Z3 – Z4 – Z5 – Z1 – Z2 – MDC2. Rozdíl je zákonitě v ujetých kilometrech, kdy celková délka trasy je 11 487 m (přibližná spotřeba paliva na tu to trasu by byla kolem 2 litrů) a délka trvání samotné obsluhy 107 minut.

Sestava trasy pro sudé dny by podle klasického postupu byla MDC2– Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z2 – Z7 – MDC2 a její délka je 12 102 m, doba samotné obsluhy je 111 minut. U větší množiny zákazníků by bylo vhodné na sestavené trasy použít metaheuristiku v podobě genetického algoritmu, která by prostřednictvím procedury křížení vytvářela nové posloupnosti obsluhovaných vrcholů, při pěti nebo šesti obsluhovaných vrcholech, však toto nemá opodstatnění.

### 2. scénář – časové okno 6<sup>30</sup> – 9<sup>00</sup>

Druhý scénář je rozšířen o omezující podmínku v podobě časového okna. Ověřit, zda je reálné stihnout obsluhu všech zákazníků v daném dnu a čase, bude opět záviset na limitu 150 minut a rychlosti vozidla 15 km/h. V lichých dnech, kdy je trasa MDC2– Z3 – Z4 – Z5 – Z1– Z2 – MDC2, vychází obsluha včetně doby jízdy mezi vrcholy na 112 minut. Pro dny sudé je to pak MDC2– Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z2 – Z7 – MDC2, doba trvání je 112 minut, ale započtená doba jízdy je necelých 5 minut. U MDC Schenker je nutné zdůraznit, že ujetá vzdálenost je výrazně menší, než pro první lokaci. Ale celkový čas potřebný na jízdu z MDC není nutné zahrnovat a limitovat časovým oknem.

### 3. scénář – vyhrazené stání

Počty obsluhovaných zákazníků z jednotlivých vyhrazených parkovacích stání jsou stejné jako ve scénáři 3. pro první lokaci. Rychlost chůze je 4,5 km/h a docházkové vzdálenosti jsou rovněž stejné. Vyžádané změny jsou ve vzdálenostní matici (Tabulka č. 9) a matici úspor (Tabulka č. 15).

**Tabulka 15 – Matice úspor, vyhrazené stání MDC2, uvedené hodnoty jsou v [m]**

	Stání 1	Stání 2	Stání 3	Stání 4
Stání 1	0	11318	11223	10248
Stání 2	11233	0	11229	10583
Stání 3	10918	11342	0	9845
Stání 4	9933	10223	10511	0

Zdroj: autorka na podkladech tabulky č.9

V liché dny je posloupnost využitých vyhrazených stání MDC2 – S3 – S2 – S1 – MDC2 a výsledný čas obsluhy je 114 minut, je uveden v tabulce v Příloze 7. V sudých dnech je výsledná obsluha 111 minut a trasa MDC2 – S3 – S2 – S4 – MDC2. Výsledky jsou uvedeny v Příloze 7. Ujetá vzdálenost pro liché dny je 11489 m a pro sudé 12021 m.

### 4. scénář – vyhrazené stání a časové okno 6<sup>30</sup> – 9<sup>00</sup>

Poslední scénář limituje čas obsluhy i jízdy mezi vyhrazenými parkovacími stáními 150-ti minutovým intervalem. Pro liché dny obsluhy je trasa MDC2– S3 – S2 – S1 MDC2 a trvání obsluhy, včetně jízdy a chůze k jednotlivých zákazníkům, necelých 116 minut. Pro

sudé dny je to okružní jízda v pořadí MDC2 – S3 – S2 – S4 – MDC2 a trvá 116 minut, kdy je však odlišný poměr mezi jízdou a obsluhou (5 minut na jízdu a 111 na obsluhu i s překonáním docházkové vzdálenosti) než v lichých dnech.

### **6.3 Shrnutí výsledků jednotlivých scénářů**

Z výsledků všech variant scénářů lze vyvodit několik závěrů. Scénáře byly koncipovány tak, aby roli nehrála jízda v MDC k obsluhovaným zákazníkům, ale pouze zjištěné vzdálenosti mezi nimi. V případě, že by se zahájil systém obsluhy z MDC, nemělo by jeho umístění vliv na časové okno, protože čas odjezdu obslužného vozidla by byl upraven dle dojezdové vzdálenosti. Pro řešenou oblast autorka navrhuje následující systém obsluhy. Na základě výsledků scénářů s časovým oknem a vyhrazenými parkovacími stánkami, které ukázaly, že časová i prostorová omezení nemají zásadní vliv na dobu obsluhy a bez problému pokryjí časové i zbožové požadavky zákazníků, by pro řešenou oblast byly vhodné. Pro zefektivnění dopravy na řešeném území a postupné eliminaci pohybu vozidel na Třídě Míru, by bylo vhodné zahájit jednání se všemi majiteli provozoven, kteří budou trvat na zásobování z hlavní třídy. Výrazná většina provozoven by měla mít, podle architektonického řešení ulice, možnost zásobovat i z jiného prostoru, než je hlavní třída. Po selekci provozoven, které nemají jinou možnost, by mělo být provedeno veřejné jednání se zástupci firem. Je nutné objasnit provozovatelům, že zklidnění dopravy nebude mít zásadní vliv na jejich obchodní činnost. Z tohoto důvodu autorka práce navrhuje, aby veřejná doprava byla zachována v takovém rozsahu, co je v současnosti a byly ponechány všechny zastávky MHD, které jsou v řešené oblasti. Dále je nutné zajistit od jednotlivých provozovatelů, kteří jsou nuceni zásobovat z Třídy Míru, potřebná data pro sestavení časových oken a navržení vyhrazených parkovacích stání. Vyhrazená parkovací stání uvedená v této práci, byla navržena na základě rozmístění zákazníků, kteří poskytli potřebné informace a definovaná pro potřeby směrodatného vozidla. Časové okno bylo limitujícím faktorem, ale výrazně neovlivnilo dopravně-logistickou obsluhu. V tomto rozsahu by jej autorka doporučila navrhnout v prvním kroku zklidňování dopravy. Tedy časově omezit možnost vjezdu obslužných vozidel. Vzhledem k tomu, že v modelové situaci bylo zařazeno pouze sedm zákazníků, autorka doporučuje, v prvním kroku časové okno 3 hodiny ( $6^{00} - 9^{00}$ ) a ponechat možnost zásobovat i v odpoledním časovém oknu. Dodržování časových oken by měla kontrolovat Městská policie. Druhý krok řešení dopravní obsluhy by měl obsahovat definování vyhrazených parkovacích míst pro obslužná vozidla. Vyhrazená místa by měla být navržena podle polohy jednotlivých zákazníků. V modelové situaci bylo počítáno se sdružením toků pro vyhrazené



stání číslo 3, kde se obsluhovali z jednoho bodu tři zákazníci. Byla zde započítána i chůze s nákladem, nebo chůze pro manipulační prostředek. Pro efektivní umístění stání lze využít například Trojúhelníkovou metodu. V modelové situaci bylo počítáno pouze s jedním obslužným vozidlem, protože u všech zákazníků se předpokládalo jedno jediné obslužné vozidlo a systém obsluhy z MDC. V současném systému od mnohých k mnohým je nutné vyhrazená stání definovat s patřičnou rezervou pro případ, příjezdu dvou vozidel ke dvou různým zákazníkům.

Ve třetím kroku řešení dopravní obsluhy autorka navrhuje využít možnosti sdružování toků a řízení zásobování prostřednictvím MDC. Tento systém je v ČR v současnosti nevyužívaný a je nutné postupně vybudovat podmínky pro jeho začlenění. V modelové situaci byly navrženy dvě konkrétní alternativy pro umístění MDC pro Hradubickou aglomeraci a jednotlivé scénáře pracovaly s oběma alternativami. Na tak malém zákaznickém segmentu, při výpočtech, vycházely stejné okružní jízdy. Důležité však bylo ověřit, zda časová okna a vyhrazená stání budou mít vliv na obsluhu. Ani u jednoho scénáře se toto nepotvrdilo, a proto by bylo vhodné začít s těmito opatřeními a postupně si budovat podmínky pro širší city logistický koncept.

Na základě výsledků je nutné si uvědomit, že sdružování zbožových toků má svá pozitiva i v dopadu na životní prostředí. Clarke-Wrightova metoda je založena na sdružování trasy dle kilometrické úspory. Z tohoto pak lze jednoznačně určit, o kolik kilometrů se zkrátí trasa, sdruží-li se zbožové toky pro zákazníky. Pro ilustraci, v 1. scénáři, když se bude porovnávat současný systém od mnohých k mnohým a zákazník se bude obsluhovat individuálně bude ujetá vzdálenost 77,87 km (vztažným bodem je druhá lokace MDC – Semtín), ale sdruží-li se trasy do okružní jízdy bude ujetá vzdálenost 23,4 km. Spotřeba paliva (pro směrodatné vozidlo) by byla pro individuální obsluhu 9,35 l (dělená spotřeba: 52,77 km na spotřebu v městském režimu a 25,1 km mimo město). Dále je nutné neopomenout fakt, že při sdružování, jezdí obslužné vozidlo plošně ložené ze 65 % (sudé dny) a 87 % (liché dny) a objemově vytížené ze 70 % (sudé dny) a 55 % (liché dny). Nikoliv jen se zbožím pro jednoho nebo dva zákazníky, protože nemá další denní požadavky. Samozřejmě se dopravci snaží sdružovat materiálové toky, ale ne vždy je to v jejich možnostech nebo naopak ne vždy si to přejí i samotní zákazníci. Proto přesměrování zbožových toků přes MDC, je rozhodně efektivnější a snižuje dopady na životní prostředí, zlepšuje dopravní situaci v místech, kde jsou nastaveny regulační opatření.

## **6.4 Ověření výsledků v programu NetOpt**

Pro účely práce program NetOpt, nezávisle na výsledcích Clarke-Wrightovy metody, sestavil kružní jízdy pro dané území. Sestavené okružní jízdy jsou zobrazeny v tabelárním seznamu. V programu lze nastavit různá hlediska pro sestavovanou trasu, tak aby výsledek byl „nejrychlejší“ nebo „nejkratší“ dle používané pozemní komunikace, ale vždy je výsledkem délka okružní jízdy. Alternativa výsledku „nejrychlejší“, spočívá ve využití pozemních komunikací, na kterých je buď vlastníkem pozemní komunikace, nebo vkladatelem přímo do programu, povolena větší rychlost pohybu vozidla. U pozemní komunikace lze nastavit průměrnou rychlost, kterou se obslužné vozidlo po celé délce pohybuje. Pro porovnání byly uvedeny stejné parametry okružní jízdy i při výpočtu Clarke-Wrightovou metodou. Množina zákazníků je stejná jako v případě výpočtu, jen zadání se liší, protože program vyžaduje jako vstupní údaje GPS souřadnice a samozřejmě zbožíové požadavky zákazníka. Vzdálenosti jsou převzaty z GIS mapových podkladů, u kterých je nutné odstranit nespojitosti, nebo-li provést automatickou korekci. Pro porovnání budou modelovány stejné situace jako v 5. kapitole, ale jako vedlejší výstup bude uvedena i trasa dle požadavku použité pozemní komunikace, jako nejrychlejší. Pro ilustraci je v Příloze 8 uvedena tabulka se základními údaji, které jsou nutné pro sestavení okružní jízdy.

Ze zadávaných údajů je evidentní, že výsledné trasy se od sestavených tras budou lišit hlavně v ujeté vzdálenosti. Je otázkou, jakou přesnost by vyžadoval technolog při rozhodovacím procesu, u sestavení trasy. Odlišnosti ve výsledných trasách jsou v řádu desítek maximálně stovek metrů, takže lze použít jako pracovní verzi Clarke-Wrightovy metody, tak přesný software. Rozdílné délky tras jsou výsledkem ručního zjišťování prvků vzdálenostní matice, ale fakt, že rozdíly oproti softwaru jsou řádově malé dokazují správnost výsledků. Místo tabulek s maticí vzdáleností budou do textu zařazeny obrázky s vizualizací trasy obslužného vozidla. V zadávací okně programu je lze automaticky kontrolovat dobu strávenou mimo výchozí depo, proto při modelování nebyla nutná kontrola této omezující podmínky.

### **1. scénář – současná situace**

První scénář, vytvořený v programu, potvrdil výsledné trasy z výpočtové části práce, tedy trasu pro sudé dny v pořadí obslužených vrcholů MDC– Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z2 – Z7 – MDC. Z obou MDC vyšla stejná trasa, ale lišily se délkami okružních jízd, které jsou uvedeny v tabulce číslo 16 pro každou lokaci zvlášť. Opět je nutné připomenout, že na malém

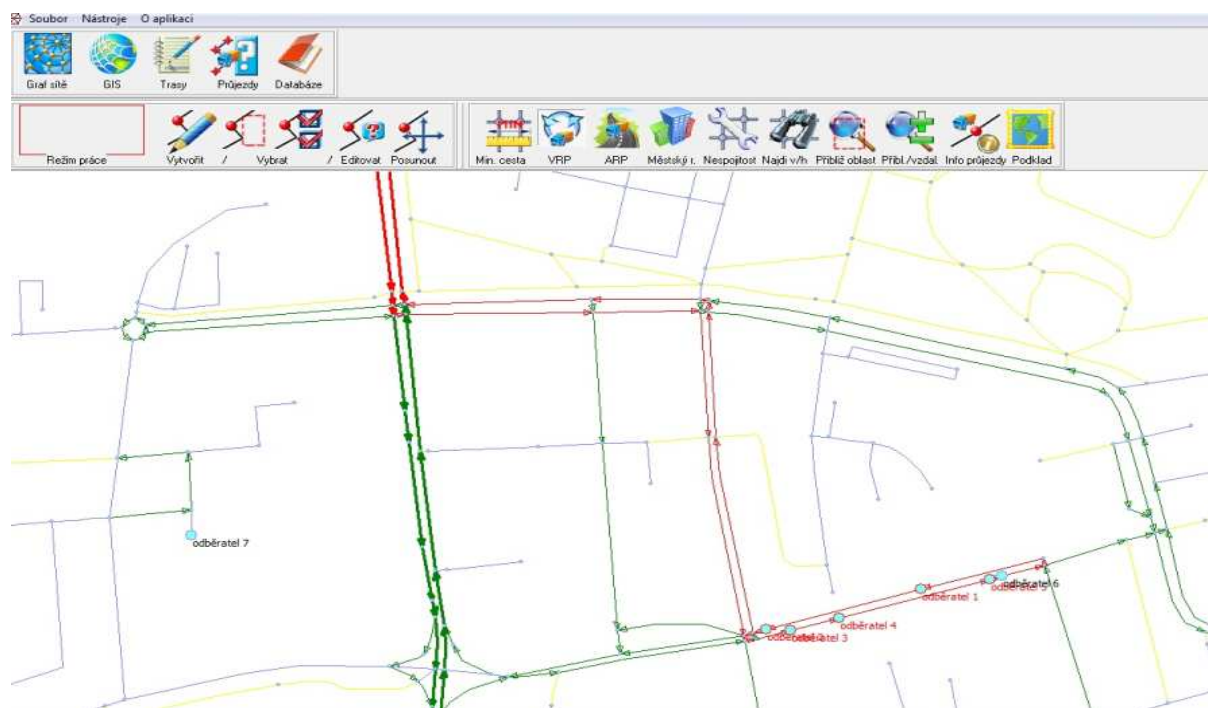
segmentu nelze se stejnými vstupními údaji vytvořit zcela novou trasu. Pro ilustraci jsou v tabulce číslo 16 mimo jiné uvedeny i délky tras vypočítané C-W metodou.

**Tabulka 16 – Délky okružních jízd MDC1 a MDC2, 1. scénář**

MDC - Opatovice, délka trasy [m]			MDC - Schenker, délka trasy [m]		
trasa NetOpt			trasa NetOpt		
1.	1. jízda – liché dny	20420	1.	1. jízda – liché dny	11210
	2. jízda – sudé dny	20590		2. jízda – sudé dny	11870
trasa C-W			trasa C-W		
2.	1. jízda – liché dny	20113	2.	1. jízda – liché dny	11487
	2. jízda – sudé dny	20968		2. jízda – sudé dny	12102

Zdroj: autorka na podkladech NetOpt

Z tabulky 16 je patrné, že výstup je plně srovnatelný s výsledky C-W z předchozího textu. Pro dokreslení výstupu je na obrázku číslo 10 okružní jízda pro liché dny, kdy je grafickém znázornění vidět, že zákazník 6 (odběratel 6) není obsluhován v dané posloupnosti a je zobrazen černou barvou stejně jako zákazník 7 ( na obr. označen jako odběratel 7).



**Obrázek 10 – Výsledné okružní jízdy pro 1. scénář, NetOpt**

Zdroj: autorka, NetOpt

### 3. scénář – vyhrazené stání

Vyhrazené stání omezuje množinu obsluhovaných vrcholů. Výsledná okružní jízda pro obě dvě lokace se shoduje s výsledky C-W metody. A jejich délky jsou v pořadí pro první lokaci následující. Pro liché dny obsluhy byla sestavena jízda MDC – S3 – S2 – S1 – MDC o délce 11210 m. V sudé dny obsluhy byla sestavena okružní jízda MDC – S3 – S2 – S4 –

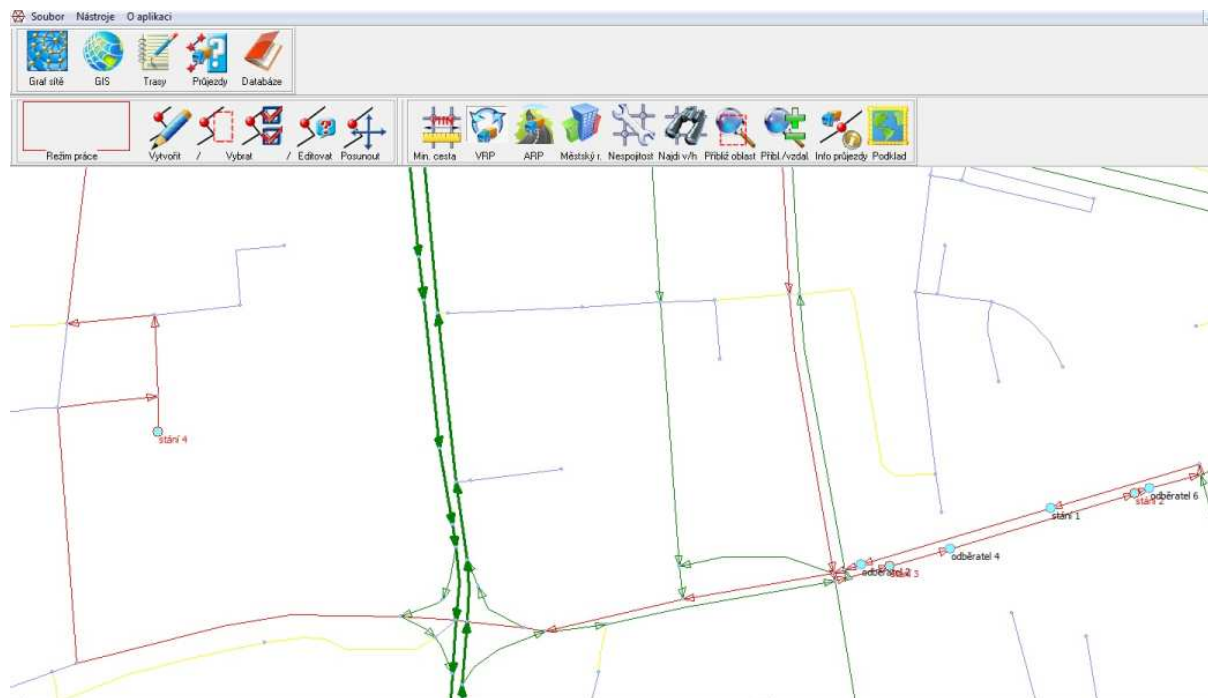
MDC o délce 11870 m. V tabulce číslo 17 jsou uvedeny dílčí výsledky, tak jak byly vygenerovány programem.

**Tabulka 17 – Délky okružních jízd MDC1 a MDC2, 3. scénář**

MDC - Opatovice, délka trasy [m]			MDC - Schenker, délka trasy [m]		
trasa NetOpt			trasa NetOpt		
1.	<b>1. jízda – liché dny</b>	19940	1.	<b>1. jízda – liché dny</b>	11210
	<b>2. jízda – sudé dny</b>	20590		<b>2. jízda – sudé dny</b>	11870
trasa C-W			trasa C-W		
2.	<b>1. jízda – liché dny</b>	20217	2.	<b>1. jízda – liché dny</b>	11489
	<b>2. jízda – sudé dny</b>	20887		<b>2. jízda – sudé dny</b>	12021

Zdroj: program NetOpt

Sestavená okružní jízda pro sudé dny 3. scénáře je vizualizovaná na obrázku číslo 11. Zákazníci před jejichž provozovnou je vyhrazené parkovací stání jsou uvedeni pro číselným označením vyhrazeného stání, tedy stání 1, 2,3, a stání 4.



**Obrázek 11 – Výsledné okružní jízdy pro 3. scénář, NetOpt**

Zdroj: autorka, NetOpt

## 6.5 Souhrn výsledků programu NetOpt

Program NetOpt pracuje na reálných mapových podkladech. Autorka práce při výpočtové části zvolila ruční získání prvků matice vzdáleností, proto bylo nutné ověřit v programu tyto údaje ověřit. Vzhledem k tomu, že NetOpt funguje na stejném algoritmu, lze výpočty a výsledky jednoduše porovnávat a ověřit jejich správnost, případně analyzovat rozdílné výstupy. Jediné rozdíly, které nastaly, vznikly v důsledku menších nepřesností

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

v ručním měření jednotlivých vzdáleností, řádově ve stovkách metrů a neměly žádný vliv na sestavené okružní jízdy. Autorka práce si v programu ověřila, že při sestavování okružních jízd C-W metodou neprovedla systematickou chybu. Důležité je také ověření všech dosavadních poznatků z hlediska předpokládaných dopravních opatření, tedy, zda je reálné provést dopravně-logistickou obsluhu za daných zbožových požadavků v určitých časových oknech, příp. vyhrazených parkovacích stání.

Program je velmi užitečným nástrojem a jeho využití má velký potenciál pro řešení podobných problémů jako je právě sestava okružních jízd. Výstupy jsou jednoznačné a jeho pracovní prostředí poskytuje velký komfort pro uživatele. Velkým pozitivem jsou grafické výstupy a přenos sestavené trasy do GPS zařízení v obslužném vozidle.

Software a jeho pracovní prostředí poskytuje výrazně větší možnost pro modelování dopravní obsluhy. Zahrnuje silniční provoz a dopravní restrikce, zjednodušuje získávání vstupních údajů (vzdálenostní matice). V této práci byl využit pro ověření předchozí výpočtové části, kde muselo v důsledku různých logistických jednotek dojít k modifikaci zadání pro klasické použití Clarke-Wrightovy metody.

## 7 MODELOVÁNÍ DOPRAVNÍ OBSLUHY JAKO PŘÍRAZOVACÍ PROBLÉM

Jak již bylo řečeno v kapitole 3, věnující se použitým metodám, budou v této kapitole ověřeny sestavené okružní jízdy jako výsledek aplikace tzv. přiřazovacího problému, u kterého je nutné modifikovat omezující. Jedná se o obsluhu vrcholů z jednoho depa, kdy opět budou brány v úvahu obě lokace. Přiřazovací problém je v práci použit pro sestavení okružních jízd 1. a 3. scénáře.

Je dána množina zákazníků  $I$ , kde každý zákazník  $i \in I$  požaduje  $b_i$  zbožových toků z MDC. Pro formulaci modelu bylo nutné přepočítat a sjednotit logistické jednotky tak, aby je bylo možné jednotně kvantifikovat. Zbožové toky, objemové a plošné parametry zůstaly zachovány, pouze byly převedeny na jednu jedinou jednotku. Převedené zbožové toky jsou uvedeny v tabulce číslo 18 a k převodu došlo dle vztahů mezi definovanými LJ. Vzhledem k tomu, že lze stohovat pouze LJ1 a LJ2, je v přepočtu uvažováno tak, že plastové přepravky (LJ1) lze stohovat po 16 kusech a papírové krabice (LJ2) na základě parametrů lze stohovat po 8 kusech. Obě tyto množství odpovídají LJ4, která je zároveň polovinou LJ3.

**Tabulka 18 – Přepočítané zbožové toky**

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Počet log. jed.	12 (LJ4)	1 (LJ2)	8 (LJ2)	4 (LJ2)	6 (LJ1)	5 (LJ2)	4 (LJ3)
Čas. Okno	6 <sup>00</sup> - 8 <sup>00</sup>	6 <sup>00</sup> ; 14 <sup>00</sup>	do 10 <sup>00</sup>	8 <sup>00</sup> - 16 <sup>00</sup>	dopol.	během dne	dopol.
Frekvence	3x týdně	2x denně	denně	denně	denně	2x týdně	3x týdně
Sudý den		1 x LJ2	8 x LJ2	4 x LJ2	6 x LJ1	5 x LJ2	4 x LJ3
Lichý den	12 x LJ4	1 x LJ2	8 x LJ2	4 x LJ2	6 x LJ1		
Přepočítané na LJ4	12,000	0,125	1,000	0,500	0,375	0,625	8,000
Přep. objem	9,216	0,096	0,768	0,384	0,288	0,480	6,144
Přep. plocha	5,760	0,060	0,480	0,240	0,180	0,300	3,840
$q_i \cdot t_i$ [min] (dle vzorce 3.3)	48	3	20	10	30	13	32

Zdroj: autor na podkladech tabulky číslo 5

Dále je k dispozici množina obslužných vozidel  $O$ , přičemž každé vozidlo  $o \in O$  (směrodatné vozidlo) má jasně definované plošné i objemové kapacitní limity stanovené v kapitole 5.3 a zohledněné v omezujících podmínkách. Dále je známa vzdálenostní matice  $D$  s prvky  $d_{ij}$  a doba potřebná pro obsluhu vrcholů. V účelové funkci se minimalizuje počet ujetých kilometrů za současného dodržení omezujících podmínek modelu.

## 7.1 Matematický model

Je potřeba sestavit takové okružní jízdy, kdy bude každý zákazník obsloužen právě jednou, směrodatným vozidlem tak, aby celková ujetá vzdálenost byla minimální a nebyly překročeny kapacitní omezení směrodatného vozidla. Matematický model byl sestaven jako modifikace časoprostorového rozvrhování na podkladech (41).

$$\min \sum_o \sum_i \sum_j d_{ij}^o \quad (7.1)$$

$$\text{za podmíněk } x_{ij}^o \in \{0,1\} \quad \text{pro } i, j \in I; o \in O \quad (7.2)$$

$$i = j \text{ platí } x_{ij}^o = 0 \quad \text{pro } i, j \in I; o \in O \quad (7.3)$$

$$\sum_i x_{iq} = \sum_j x_{qj} \quad \text{pro } q, i, j \in I \quad (7.4)$$

$$\sum_i \sum_j b_{jv} \cdot x_{ij}^o \leq k^{ov} \quad \text{pro } i, j \in I; o \in O \quad (7.5)$$

$$\sum_i \sum_j b_{jp} \cdot x_{ij}^o \leq k^{op} \quad \text{pro } i, j \in I; o \in O \quad (7.6)$$

$$\sum_i x_{ij}^o = \sum_i x_{i1} = 1 \quad \text{pro } i, j \in I; o \in O \quad (7.7)$$

$$\sum_j x_{ij}^o = \sum_j x_{1j} = 1 \quad \text{pro } i, j \in I; o \in O \quad (7.8)$$

$$\sum_o \sum_i \sum_j x_{ij}^o = 1 \quad \text{pro } i, j \in I; o \in O \quad (7.9)$$

$$\sum_o \sum_i \sum_j x_{ij}^o = 0 \quad \text{pro } i, j \in I; o \in O \quad (7.10)$$

Definovaný model má uvedenou účelovou funkci ve vzorci (7.1), kdy se minimalizuje ujetá vzdálenost všech obslužných vozidel  $o \in O$ , která musela vyjet. Podmínka (7.2) je bivalentní proměnná, která udává to, zda obslužné vozidlo  $o$  jede z vrcholu  $i$  do vrcholu  $j$ . Aby se zabránilo sestavení okružní jízdy z tzv. smyček, tedy jízd s nulovou ujetou vzdáleností (prvky vzdálenostní matice na hlavní diagonále mají nulovou hodnotu) je automaticky v podmínce (7.3) definováno, že tyto prvky jsou ze vzdálenostní matice vyjmuty a nebudou započítávány. Podmínka (7.4) udává to, že se musí rovnat počet jízd do a z vrcholu. Podmínky (7.5) a (7.6) jsou kapacitní omezení směrodatného obslužného vozidla (s indexem  $v$  pro objemové omezení a s indexem  $p$  pro plošné limity). Pro fakt, že obslužné vozidlo musí do vrcholu vjet a také z něho vyjet jsou to omezující podmínky (7.7) a (7.8), respektive to, že obsluha je provedena pouze jednou. Poslední dvě podmínky jsou pro potřeby pokrytí týdenních požadavků zákazníků. V případě, že zákazník požaduje zboží v daný den

a má být zařazen do sestavované okružní jízdy je přiřazena 1. Pro potřeby řešení v MS Excel a jeho nástroji Řešitel, byly stanoveny i další dodatečné podmínky, které však na matematický model nemají vliv. Tyto dodatečné podmínky se týkají automatického zařazení druhého vozidla, při překročení kapacitních omezení, se kterými model počítá.

## 7.2 Výsledné okružní jízdy pro 1. lokaci MDC

Jako vstupní vzdálenostní matice bude, při řešení přiřazovacím problémem, využita matice z C-W metody. Vzhledem k faktu, že výsledné trasy jsou srovnatelné jak z manuálně získané matice, tak i ze softwaru NetOpt, bude vhodným zdrojem dat. Zbožové požadavky jsou uvedeny v tabulce číslo 18. Pro ilustraci jsou kompletní výsledky uvedeny v Přílohách 9 a 10. V tabulce 19 je vidět výsledná okružní trasa pro 1. scénář, respektive hrany (prvky vzdálenostní matice) mezi vrcholy, které jsou zařazeny do posloupnosti. Tyto prvky mají v matici hodnotu 1. Výsledná okružní jízda má velikost 20113 m pro liché dny a 20968 m pro dny sudé. Výsledné tabulky pro počáteční řešení, kdy je kapacita vozidla překročena a je nutné použít vozidla dvě, jsou uvedeny v Příloze 9.

**Tabulka 19 – Výsledná matice 1. scénáře – liché dny**

	MDC (1)	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
MDC (1)	0	0	0	1	0	2,2204E-16	0	0
Zákazník 1	1E-16	0	1	0	0	0	0	0
Zákazník 2	1	0	0	2,2204E-16	0	0	0	0
Zákazník 3	0	0	0	0	1	0	0	0
Zákazník 4	0	0	0	0	4,5511E-12	1	0	0
Zákazník 5	1,11E-16	1	1,11022E-16	0	0	0	0	0
Zákazník 6	0	1,1102E-16	0	0	0	0	0	0
Zákazník 7	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: autor

Z tabulky 19 lze vyčíst okružní jízdu v pořadí obsluhovaných vrcholů MDC1 – Z3 – Z4 – Z5 – Z1 – Z2 – MDC1. Pro sudé dny je tak okružní jízda sestavena následovně: MDC1 – Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z2 – Z7 – MDC1. Vzhledem k rozsáhlosti výsledků budou již nadále uvedeny pouze délky okružních jízd a pořadí obsluhovaných vrcholů.



### 3. scénář – vyhrazené parkovací stání

Výsledky 3. scénáře jsou uvedeny v tabulce 20. Respektive lze z nich vyčíst pořadí obsluhovaných vrcholů MDC1 – S3 – S2 – S1 – MDC1 pro okružní jízdy v lichých dnech. Její délka je 20217 m. Pro sudé dny je to MDC1 – S3 – S2 – S4 – MDC1 s délkou 20887 m.

**Tabulka 20 – Výsledná matice 3. scénáře – liché dny**

	MDC (1)	Stání 1 (Z1)	Zákazník 2	Stání 3 (Z3)	Zákazník 4	Stání 2 (Z5)	Zákazník 6	Stání 4 (Z7)
MDC (1)	0	0	0	1	0	0	0	0
Stání 1 (Z1)	1	0	0	0	2,1105E-12	1,6098E-28	0	0
Zákazník 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Stání 3	0	0	0	0	0	1	0	0
Zákazník 4	2,11E-12	2,2204E-16	0	0	0	0	0	0
Stání 2 (Z5)	2,22E-16	1	0	0	0	0	0	0
Zákazník 6	0	0	0	0	0	0	0	0
Stání 4 (Z7)	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: autor

Z výsledků všech scénářů a variant dnů obsluhy vyplývá fakt, že se neliší v žádné hodnotě od výsledků C-W metody. Výstupy jsou nejen srovnatelné v metrické části, ale také při srovnávání posloupnosti obsluhovaných vrcholů. V tabulkách 19 a 20 jsou uvedeny hodnoty přesně tak, jaký byl výstup z nástroje Řešitel. Autorka se rozhodla nijak nezasahovat a neměnit hodnoty, které vyšly. Hodnoty blížíci se nule lze přepsat, ale to je podle názoru autorky zásah do výsledků.

### 7.3 Výsledné okružní jízdy pro 2. lokaci MDC

Druhá lokace má svoji vlastní vzdálenostní matici, která je opět shodná s maticí použitou pro výpočty C-W metody. Výsledky 1. scénáře jsou opět totožné s výsledky C-W metody. Pro liché dny je to délka okružní jízdy 11487 m a pro dny sudé pak 12102 m. Pořadí obsluhovaných zákazníků systému je také nezměněno. Výsledky lze podpořit tabulkou, která je v prvním i třetím scénáři totožná s tabulkami 19 a 20, proto není znovu uvedena v textu práce. Rozdílná je pouze vstupní matice vzdáleností.

### 3. scénář – vyhrazené parkovací stání

Vyhrazené parkovací stání pro druhou lokaci v lichých dnech má sestavenou okružní jízdu v pořadí MDC2 – S3 – S2 – S1 – MDC2. Výsledek je stejný jako v předchozích případech a nemění se v kontextu použité metody. Délka této jízdy byla vypočítána na 11489 m. Pro sudé dny je to MDC1 – S3 – S2 – S4 – MDC1 s délkou 12021 m.

#### **7.4 Souhrn výsledků řešení přiřazovacím problémem**

Použití přiřazovacího problému na řešení dopravně-logistické obsluhy je ojedinělé. Bylo využito pro ověření sestavovaných tras a přesnosti řešení, oproti programu NetOpt, který měl za úkol odhalit nepřesnosti v ručním měření prvků do vzdálenostní matice. Porovná-li se všechny dostupné výstupy, lze konstatovat, jejich reálné a shodné výsledky. To dokazuje, že nastavený model řešení přiřazovacím problémem je správný, stejně jako prvotní řešení metodou C-W. Ačkoliv obě metody přistupují k problému z jiného úhlu, výsledky jsou stejné. Matematický model přiřazovacího problému byl nastaven tak, aby byl schopen řešit úlohy většího rozsahu, tedy takovou dopravně-logistickou obsluhu, která by musela být realizovaná prostřednictvím dvou směrodatných vozidel, což poskytuje větší prostor pro případné využití tohoto modelu na větší městské segmenty.

## 8 VYHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO MODELU

V programu NetOpt byly ověřeny všechny sestavené okružní jízdy a potvrzena doba obsluhy pro jednotlivé scénáře. Jak již bylo zmíněno v souhrnu páté kapitoly, autorka navrhuje nutné a postupné kroky pro zavedení systému obsluhy prostřednictvím MDC. V následujícím textu budou rozebrány obě možné lokace MDC a potenciální přínosy i problémy spojené s jejich využitím. Obě dvě lokace jsou hodnoceny SWOT analýzou, jejíž popis je v kapitole 3.2.7. SWOT analýza nehodnotí systém obsluhy, ale zaměřuje se na pozitiva, negativa a příležitosti, které poskytují jednotlivé lokace. Cílem práce nebylo provedení ekonomické rozvahy na vybudování MDC, proto výsledná analýza přihlíží v první řadě k technologickým aspektům, nikoliv k ekonomické stránce řešení. Při výběru vhodného místa bylo prioritně přihlédnuto k dopravnímu napojení a ke geografické poloze.

### 8.1 SWOT analýza lokací MDC

V následující kapitole je provedena SWOT analýza silných a slabých stránek obou možným alternativ pro umístění MDC.

#### *MDC Opatovice nad Labem*

V tabulce číslo 21 jsou uvedeny výsledky SWOT analýzy v případě, že by MDC bylo umístěno do Opatovic nad Labem.

**Tabulka 21 - SWOT analýza MDC1**

<b>SWOT analýza - MDC1</b>	
<b>Silné stránky</b>	<b>Slabé stránky</b>
kapacita	vysoká počáteční investice
dopravní napojení	vysoké provozní náklady
možnost rozvoje	nutnost stabilních materiálových toků
neutralita	vzdálenost do Pardubic
	nákup technického vybavení
	stavebně-technické úpravy
	náklady na zaměstnance
<b>Příležitosti</b>	<b>Ohrožení</b>
nový systém VLC v ČR	provozní náklady
pracovní místa	nezájem zákazníků
podpora města	vývoj VLC a související legislativy v ČR

Zdroj: autorka

Z tabulky SWOT analýzy jsou patrné převážné slabé stránky, vycházející z vysoké finanční náročnosti. Mezi nákladové položky se v tomto případě řadí hlavně vysoká počáteční

investice do odkupu budovy a okolních pozemků. Tržní cena pozemků v této oblasti dle (37) se pohybuje kolem 1000 Kč/m<sup>2</sup>, cena budovy, kterou v současnosti vlastní společnost Vesna a.s. by byla pravděpodobně stanovena dohodou. Autorka nebude provádět nekvalifikovaný odhad. Další nutnou investicí jsou stavebně-technické úpravy v podobě vybudování průmyslových vrat. Cena se na trhu (38) se u průmyslových sekvenčních pohybuje od 45 000 Kč a je určena velikostí, způsobem ovládání i použitými materiály. Poslední výraznou investicí je pak nákup obslužného vozidla, nebo pronájem dopravních prostředků či služeb dopravce, který bude obsluhu zabezpečovat. Nekvantifikovaný problémem jsou zbožové toky, v případě, že by města Hradec Králové a Pardubice podpořily systém obsluhy z vlastního MDC v Opatovicích nad Labem, je nutné přesvědčit potencionální zákazníky výhodnosti systému a zajistit dostatečné a stabilní zbožové toky, předchozím opatřeními v podobě vyhrazených stání a časových oken. Výraznou výhodou této alternativy je neutralita systému.

#### **SWOT analýza MDC Schenker – Semtín**

Z tabulky 22 vyplývá, že lokace MDC v Semtíně a využití stávajícího logistického centra společnosti Schenker s. r. o. sebou přináší výrazná pozitiva.

**Tabulka 22 – SWOT analýza MDC 2**

<b>SWOT analýza - MDC2</b>	
<b>Silné stránky</b>	<b>Slabé stránky</b>
vzdálenost	omezená kapacita
využití i současnými zákazníky	konkurence
vlastní technické vybavení	vzdálenost od Hradce Králové
nižší provozní náklady	možnost rozšíření areálu
zkušenost	služba za úplatu
funkční a přístupná žel. vlečka	
zavedený crossdockový systém	
<b>Příležitosti</b>	<b>Ohrožení</b>
podpora města	náklady
pracovní místa	konkurence
vyšší využití kapacity	vývoj v oblasti VLC a související legislativy v ČR
vlastní rozvoj pro firmu	
noví zákazníci	

Zdroj: autorka

Mezi silné stránky této alternativy patří hlavně zkušenost s crossdockovými službami, nižší náklady na provoz a fakt, že tato alternativa nepotřebuje stabilní zbožové toky, ale lze si pronajmát pouze část kapacity celého logistického centra. Autorce se nepodařilo, z důvodu obchodního tajemství, zjistit ceny poskytovaných služeb. Druhá alternativa má při zahrnutí doby jízdy z centra výrazně nižší náklady, je však nutné si uvědomit, že MDC by mělo zásobovat nejen řešenou oblast, ale také Hradec Králové, odkud je ujetá vzdálenost

výrazně větší, než do centra Pardubic. Z tohoto důvodu, nebylo v žádném scénáři počítáno s jízdou z centra a zpět, i když se v počáteční fázi vycházelo z matice vzdáleností.

## **8.2 Výsledné řešení**

V současné situaci je při sumarizaci výsledků nutné přihlídnout k reálným možnostem a stavu city logistických opatření v ČR. Výsledky jak C-W metody, tak ověření v programu NetOpt, poskytly prostor pro navržení postupných kroků zklidňování dopravy na řešeném území a zlepšení dopravně-logistické obsluhy. V rámci páté kapitoly bylo potvrzeno, že jak časová okna, tak i vyhrazené stání jsou vhodná opatření pro eliminaci vjezdu vozidel, za současného dodržení a naplnění požadavků zákazníků. Tyto dvě opatření by měla být základem city logistických opatření.

Optimalizace zbožových toků přes MDC je záležitostí výrazně delšího časového horizontu a musí být podpořena i legislativou. V budoucnu však i takovéto opatření může být zrealizováno. Pokud ano, je nutné rozhodnout i to, jaké zbožové toky budou distribuovány skrze MDC. V modelové situaci bylo počítáno se zbožovými toky, nevyžadujícími specifické požadavky na skladování a přepravu, které by pro svoji nenáročnost mohly zahájit systém MDC. V první fázi by byl vhodnější koncept centra s podobným zázemím jako má druhá lokace v modelové situaci a tu postupně rozšiřovat. Při jistotě silných zbožových proudů je pak vhodnější alternativou samostatné městské distribuční centrum.

## **8.3 Možné problémy v rámci navrženého řešení**

Pro podobné koncepty, kterými se zabývala tato práce je nutné v podmínkách ČR, vytvořit legislativní prostředí, jenž by podporovalo restrikce a postupné usměrňování dopravní obsluhy v citlivých městských zónách. Pro společnost zatím není motivující prokazatelné snižování dopadů na životní prostředí, ale pouze finanční stránka procesu. Systém obsluhy přináší fyzické snižování pohybu vozidel v řešených oblastech a tím snižuje náklady související s potencionálními kongescemi. Například v Polsku bylo v (39) vyčísleno, že náklady spojené s kongescemi, celkově dosahují v přepočtu 26,4 mld. Kč. I to může posloužit jako argument pro eliminaci vozidel na silnicích. Nejen podpora ze strany měst, ale i ze strany státu, je nutná pro vybudování MDC. Dalším problematickým bodem city logistických opatření jsou sami zákazníci. Na příkladu sledované Třídy Míru, lze poukázat na neochotu přistoupit na nové dopravní koncepty. Většina provozoven má, v rámci architektonického řešení, možnost zásobovat ze zadní části budovy, ale zároveň většina této možnosti bohužel nevyužívá. Zástupci města musí přesvědčit majitele, že zklidňování

dopravy nebude mít zásadní vliv na jejich obchodní činnost, že to bude pozitivem nejen pro rezidenty, ale i pro samotné obchodníky. V současnosti bohužel panuje velmi odmítavý postoj k jakýmkoliv změnám, ale ty jsou nevyhnutelné.

Možné problémy při samotném řešení logistické obsluhy prostřednictvím MDC, spočívají hlavně v umístění centra a silného finančního zázemí, potažmo zbožových toků.

#### **8.4 Praktický přínos**

V předkládané práci byl navržen postup pro zklidnění dopravy na vybraném území. Byly popsány možné problémy se zavedením systému obsluhy prostřednictvím MDC, ale také byly definovány nutné podmínky, které musí být splněny, aby se k tomuto systému mohlo přistoupit. Ačkoliv tato práce má v současné situaci spíše teoretický charakter, praktický přínos práce je hlavně v uvedeném postupu a podmínkách pro nastavení city logistických opatření na vybraném území. Dalším přínosem práce je provedené dotazníkové šetření, které poskytlo prvotní údaje pro další kroky řešení a jednání zúčastněných stran.

#### **8.5 Vědecký přínos**

Tato práce měla, v důsledku současných city logistických opatření nejen na sledovaném území, ale i v celé ČR, převážně teoretický charakter. V obecném návrhu byly popsány postupné kroky pro zavedení jak obecného city logistického opatření, tak hlavně pro zavedení směrování zbožových toků přes MDC. Na těchto základech je nutné začít stavět další vývoj řešení této problematiky.

Základem bylo dotazníkové šetření, jenž poskytlo vstupní informace pro vytvoření modelové situace, ve které autorka modelovala dopravní obsluhu, tak že měnila některé omezující podmínky modelu. Vědeckým přínosem práce je zkoumání dopravně-logistické obsluhy a využití metody C-W pro rozhodování o opatřeních city logistického charakteru a sestavení omezujících podmínek pro tento typ problému, který je v České republice častým. Navrhované řešení je řešením jedinečným.

Dalším přínosem práce je sestavení matematického modelu, který byl modifikován tak, aby bylo možné danou úlohu řešit jako přiřazovací problém. Toto řešení je specifické a nabízí zcela jiný úhel pohledu na problém dopravně-logistické obsluhy.

V neposlední řadě práce přinesla přehled city logistických opatření v zahraničí a metodách operačního výzkumu, které souvisí s řešenou problematikou a budou využita i v pedagogickém procesu.

## **ZÁVĚR**

Tato práce si kladla za cíl navrhnout model dopravní obsluhy městského segmentu, který by prokázal, že city logistická opatření mají pozitivní dopad na dopravu v dané oblasti a zefektivňují zásobovací systém za současného udržitelného rozvoje dopravy. Tento cíl byl v práci splněn. Bylo vypočítáno a následně ověřeno, že navrhovaná opatření mají kýžený efekt. Byly ověřeny sestavené okružní jízdy a vytvořen návrh postupu pro jejich uvedení do praxe.

Na základě provedeného dotazníkového šetření byly získány potřebné informace k nastavení city logistických opatření, jejichž případná aplikace nemá negativní vliv na současný systém dopravně-logistické obsluhy, ale zároveň by eliminovala fyzické vjezdy vozidel do řešené oblasti a tím snižovala ekologické dopady. V rámci modelu byl navržen postup pro praktické využití city logistických opatření a zdůrazněny nutné předpoklady pro jejich uvedení do praxe.

V práci byly stanoveny dvě hypotézy. První hypotéza, zaměřená na pozitivní efekt city logistických opatření a racionalizaci dopravy, byla potvrzena v 5. kapitole. Druhá hypotéza zaměřená na výhodnost modulových systémů kombinované přepravy, byla pro tuto konkrétní modelovou situaci vyvrácena ve 4. kapitole.

Navržená city logistická opatření, podpořená adekvátní legislativou, budou mít výrazný pozitivní dopad na udržitelný rozvoj dopravy včetně současného zlepšení životní úrovně nejen na řešeném území.

## SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ<sup>5</sup>

- (1) **CÍSAŘOVÁ, H.:** *Modelování dopravní obsluhy vybraného území v city logistice*, Pardubice. 34 stran. Odborná práce na Univerzitě Pardubice na Katedře technologie a řízení dopravy. Vedoucí práce: prof. Ing. Václav Cempírek, Ph. D.
- (2) **CEMPÍREK, V. a kol.,** *Logistické a přepravní technologie*, 1. vydání, 198 stran, Pardubice, Institut J. Pernera, 2009. ISBN 978-80-86530-57-4.
- (3) **KJAERGAARD, S., JENSEN, H.:** *Sustainable City Logistic Solutions*. In: Sborník ze The 3rd International Conference on City Logistics, Madeira 2004. ISBN 00-8044-260-9.
- (4) **BENJELLOUN, A., CRAINIC, T.:** *Trends, Challenges, and Perspectives in City Logistics*. In: Buletinul AGIR, Bukurešť 2009, číslo 4, strana 45-51. ISSN 2247-3548.
- (5) **EBERL, R., KLEIN, K., OEXLER, P.:** *Steuerung des innerstädtischen Wirtschaftsverkehrs, Citylogistik in Regensburg*. *Geographische Rundschau* 10/1998. Strany 551 – 557. ISSN 0016-7460.
- (6) **Široký, J.:** *Logistika a kombinovaná doprava*. Cvičení z předmětu Základy technologie a řízení dopravy. Pardubice. Univerzita pardubice, DFJP, Katedra technologie a řízení dopravy. 2011.
- (7) Oficiální internetové stránky Projektu BEST (Urban Freight Solutions) [online]. Poslední revize neuvedena. [cit.:20. 04. 2010]. Dostupné z: <<http://www.bestufs.net/index.html> >
- (8) **SVITEK, M. a kol.:** Metodika city logistiky. Výzkumná roční zpráva roku 2008 projektu CG732-108-520. Praha. 2009.
- (9) Ekologický server Eniweb: *Šance pro nákladní tramvaje*, [online]. c2009. [cit.:16. 7. 2010]. Dostupné z: <http://www.eniweb.cz/clanek/doprava/79492/sance-pro-nakladni-tramvaje>.
- (10) **ČERNOHORSKÁ, L.:** *Metodika měření společenské odpovědnosti firem*, **Brno. 42 stran.** Odborná práce na VUT Brno, Ústav managementu. [online]. c2011. [cit.:20. 7. 2012]. Vedoucí práce: doc. RNDr. Anna Putnová, Ph.D. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=44784](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=44784).

---

<sup>5</sup> Tučně jsou uvedeny knižní publikace



- (11) Automobilový server AUTO.cz: *Volkswagen e!T: E.T. se vrátil*, [online]. Poslední revize neuvedena. [cit.: 2. 12. 2011]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/volkswagen-et-koncept-postovni-dorucovatele-63148>> .
- (12) Internetový portál projektu Niches: *Inner-city Night Delivery*, [online]. Poslední revize neuvedena. [cit.: 25. 6. 2011] Dostupné z: [http://www.niches-transport.org/fileadmin/archive/Deliverables/D4.3b\\_5.8\\_b\\_PolicyNotes/14683\\_pn7\\_night\\_delivery\\_ok\\_low.pdf](http://www.niches-transport.org/fileadmin/archive/Deliverables/D4.3b_5.8_b_PolicyNotes/14683_pn7_night_delivery_ok_low.pdf).
- (13) Zákon o pozemních komunikacích 13/1997 Sb.
- (14) Informační portál Parlamentní listy: *Nízkoemisní zóny v centru měst* [online]. c2012. [cit.: 30. 6. 2012]. Dostupné z: <<http://www.parlamentnilisty.cz/arena/monitor/Nizkoemisni-zony-v-centrech-mest-budou-platit-i-pro-motocykly-pise-denik-237764>>.
- (15) **VOLEK, J.: *Operační výzkum I.*, 1. vydání, 111 stran, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2002, ISBN: 80-7194-410-6.**
- (16) **ČERNÝ, J.: *Operační výzkum pro manažery*, 1. vydání, 76 stran, vydavatel Pedagogická fakulta JU Č. Budějovice, 1993, ISBN 80-7040-088-9.**
- (17) KOZAN, E., OHUCHI, A.: *Operation research, management science at work*, Dordrecht: Kluwer Academic Publisher Group, 2002, s. 1-20, ISBN 0-7923-7588- 2.
- (18) TAGMOUTI, M., GENDREAU, M., POTVIN, J.: Arc routing probléme with time – dependent service costs. *European Journal of Operational Research*, 2006, svazek 181, 1. vydání, strany 30-39.
- (19) **PASTOR, O., TUZAR, A.: *Teorie dopravních systémů*, 1. vydání, 312 stran, Praha, Nakladatelství ASPI a. s., 2007, ISBN 978-80-7357-285-3.**
- (20) **TUZAR, A.: *Teorie dopravy*, 1. vydání, 75 stran, Pardubice, Univerzita Pardubice, 1996, ISBN 80-7194-039-9.**
- (21) **ČERNÁ, A.: *Metody operačního managementu*, 1. vydání, 213 stran, Praha, Vysoká škola ekonomická Praha, Nakladatelství Oeconomica, 2008, ISBN 978-80-245-1325-6.**
- (22) MATOUŠEK, V.: *Evoluční algoritmy a neuronové sítě*, Přednášky z předmětu Umělá inteligence a rozpoznávání, Západočeská univerzita v Plzni, c2010. [cit. 16. 7. 2010]. Dostupné z: <[http://www.kiv.zcu.cz/studies/predmety/uir/texty/Chapter\\_09.pdf](http://www.kiv.zcu.cz/studies/predmety/uir/texty/Chapter_09.pdf)>

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

- (23) SLIVONĚ, M.: *Řešení problému lokace hubů pomocí genetického algoritmu*, Perner's Contacts , ročník 3, 4. vydání, 2008, strany 96-108, ISSN 1801-674X.
- (24) **BARTSCH, H.: *Matematické vzorce*, Praha, Academia, 2008, ISBN 80-200-1448-9.**
- (25) KALČEVOVA, J.: *Kriteriální matice a hodnocení variant*, Přednášky z předmětu Teorie rozhodování, Vysoká škola ekonomická v Praze. [online]. [cit. 16. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-KriterialniMatice.pdf>>.
- (26) Operační program Ministerstva dopravy České republiky: *Operační program Doprava*. Období 2007 - 2013. Praha. c2011. Operační program Doprava – schválená verze ze dne 22. .12. 2011. Dostupné z: <http://www.opd.cz/cz/Programove-dokumenty>
- (27) Internetové stránky českého dopravního serveru K-report: *Terminál DB Schenker Logistics Pardubice Semtím*, [online]. 2012. [cit.:31. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://www.k-report.net/clanky/terminal-db-schenker-logistics-pardubice-semtin/>>.
- (28) Oficiální internetové stránky Katastrálního úřadu. [online]. c2012. [cit.:20. 06. 2012]. Dostupné z: <<http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarExtent=-990320.44597457629%20-1239836%20-346646.55402542371%20-923033&MarWindowName=Marushka>>.
- (29) Oficiální internetové stránky českého distributora automobilů FORD. [online]. c2012. [cit.:20. 1. 2012]. Dostupné z: <http://www.ford.cz/SBE/DealerMap/p=1204999715166>
- (30) Oficiální internetové stránky českého distributora automobilů Volkswagen. [online]. c2012. [cit.:20. 1. 2012]. Dostupné z: [http://www.vw-uzitkove.cz/pdf/technicke\\_udaje/craftergp\\_de\\_250511.pdf](http://www.vw-uzitkove.cz/pdf/technicke_udaje/craftergp_de_250511.pdf).
- (31) Oficiální internetové stránky českého distributora automobilů Peugeot. [online]. 2012. [cit.:22. 4. 2012]. Dostupné z: <http://professional.peugeot.cz/professional-katalogy-uzitkovy-boxer-cenik/>.
- (32) Oficiální internetové stránky českého distributora automobilů Citroen. [online]. c2012. [cit.:20. 5. 2012]. Dostupné z: [http://www.citroen.cz/Resources/Content/CZ/07\\_PDF\\_gallery/10\\_cenik\\_VU/Cenik\\_Jumper\\_furgon.pdf](http://www.citroen.cz/Resources/Content/CZ/07_PDF_gallery/10_cenik_VU/Cenik_Jumper_furgon.pdf).

- (33) Oficiální internetové stránky českého distributora automobilů Mercedes-Benz. [online]. c2012. [cit.:20. 1. 2012]. Dostupné z: [http://www.mercedes-benz.cz/content/media\\_library/czechia/mpc\\_czechia/vans\\_ceniky/sprinter\\_skrinova\\_brozura.object-Single-MEDIA.tmp/4720\\_1B301\\_12\\_24.pdf](http://www.mercedes-benz.cz/content/media_library/czechia/mpc_czechia/vans_ceniky/sprinter_skrinova_brozura.object-Single-MEDIA.tmp/4720_1B301_12_24.pdf).
- (34) ČSN 73 6056. *Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 28 s.
- (35) Valouchová, P.: *Kineziologické aspekty lidské lokomoce*. Přednášky z předmětu Fyzioterapie, 2. Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze, [cit. 17. 7. 2012]. Dostupné z: <http://mefanet-motol.cuni.cz/download.php?fid=1427>
- (36) Kutscherauer, A.: *SWOT analýza*. Studijní materiály z předmětu Regionální ekonomická analýza a prognóza, Fakulta ekonomická, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, [cit. 30. 5. 2012]. Dostupné z: [http://alkut.cz/rap\\_hm/reap00.htm#kap5](http://alkut.cz/rap_hm/reap00.htm#kap5)
- (37) Oficiální internetové stránky Deutsche Post DHL, [online]. c2012. [cit.:20. 7. 2012]. Dostupné z: [http://www.dp-dhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2011/dhl\\_packstation\\_erreicht\\_zwei-millionenkunden-marke.html](http://www.dp-dhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2011/dhl_packstation_erreicht_zwei-millionenkunden-marke.html)
- (38) Oficiální internetové stránky výrobce průmyslových vrat Gardon. [online]. c2012. [cit.:20. 7. 2012]. Dostupné z: <http://eshop.gardon.cz/prumyslova-vrata-reseni-logistiky/prumyslova-sekcni-vrata>
- (39) *Co stojí kongesce*. Logistika, vydavatelství Ekonomika: Praha, 2011, ročník 17, č.1, strana 6. ISSN 1211-0957.
- (40) Oficiální internetové stránky Projektu CityLog [online]. Poslední revize neuvedena. [cit.:12. 06. 2010]. Dostupné z: <http://www.city-log.eu/home>
- (41) **JANÁČEK, J.: *Optimalizace na dopravních sítích*, 2. vydání, 248 stran, Žilina, Žilinská univerzita v Žilině, Vydavatelství EDIS, 2006. ISBN90-8070-586-0.**

## SEZNAM ZKRATEK

ARP	Arc Routing Problem
BESTUFS	BEST Urban Freight Solutions
CAD	Computer – Aires Design
CARP	Capacited Arc Routing Problem
CARP – TW	Capacited Arc Routing Problem with Time Windows
CPP	Chinese Postman Problem
CW	Clarke-Wright Saving Metod
ČR	Česká republika
ELP	Espace de livraison de proximité
E-tah	eulerovský tah
EU	Evropská unie
EURO V	označení emisní normy výfukových plynů
GA	Genetic Algorithm
GIS	geografický informační systém
GPS	Global Positioning System
LJ1	logistická jednotka 1
LJ2	logistická jednotka 2
LJ3	logistická jednotka 3
LJ4	logistická jednotka 4
LKPD	IATA kód pro letiště Pardubice
MDC	městské distribuční centrum
NNH	Nearest Neighbor Heuristic
RPP	Rural Postman Problem
S-JTSK	Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats Analysis
VLC	veřejné logistické centrum
VRP	Vehicle Routing Problem
WSA	Weighted Sum Approach

## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 – Distribuce zboží od „mnohých k mnohým“ .....	10
Obrázek 2 – Distribuce s využitím tzv. gateways .....	11
Obrázek 3 – Nákladní tramvaj v Zurichu vlevo a CarGo Tram v Drážďanech vpravo .....	18
Obrázek 4 – Volkswagen eT palubní deska a ruční ovládání .....	20
Obrázek 5 – Packstation Německo.....	42
Obrázek 6 – Vizualizace areálu.....	49
Obrázek 7 – Vizualizace druhé varianty pro umístění MDC .....	50
Obrázek 8 – Umístění jednotlivých zákazníků na Třídě Míru 3 .....	53
Obrázek 9 – Vyhrazené parkovací stání pro obslužná vozidla .....	59
Obrázek 10 – Výsledné okružní jízdy pro 1. scénář, NetOpt.....	75
Obrázek 11 – Výsledné okružní jízdy pro 3. scénář, NetOpt.....	76

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 – Váhy kritérií .....	56
Tabulka 2 – Kriteriaální matice .....	57
Tabulka 3 – Normalizovaná matice .....	57
Tabulka 4 – Výsledky WSA.....	58
Tabulka 5 – Přehled zbožových toků a požadavků na zásobování 5 .....	60
Tabulka 6 – Vzdálenostní matice Opatovice nad Labem, uvedené hodnoty jsou v [m].....	62
Tabulka 7 – Vzdálenostní matice Semtín, uvedené hodnoty jsou v [m].....	63
Tabulky 8, 9 – Matice vzdáleností, uvedené hodnoty jsou v [m] .....	63
Tabulka 10 – Matice úspor MDC Opatovice,, uvedené hodnoty jsou v [m] .....	66
Tabulka 11 – Výsledky 2. scénáře (liché dny) .....	67
Tabulka 12 – Výsledky 2. scénáře (sudé dny) .....	68
Tabulka 13 – Matice úspor, vyhrazené stání MDC1, uvedené hodnoty jsou v [m].....	69
Tabulka 14 – Matice úspor Schenker, uvedené hodnoty jsou v [m] .....	70
Tabulka 15 – Matice úspor, vyhrazené stání MDC2, uvedené hodnoty jsou v [m].....	71
Tabulka 16 – Délky okružních jízd MDC1 a MDC2, 1. scénář.....	75
Tabulka 17 – Délky okružních jízd MDC1 a MDC2, 3. scénář.....	76
Tabulka 18 – Přepočítané zbožové toky .....	78
Tabulka 19 – Výsledná matice 1. scénáře – liché dny .....	80
Tabulka 20 – Výsledná matice 3. scénáře – liché dny .....	81
Tabulka 21 - SWOT analýza MDC1 .....	83
Tabulka 22 – SWOT analýza MDC 2 .....	84

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 – vyplněný dotazník, Odbor hl. architekta, Pardubice.....	100
Příloha 2 – vzorový dotazník pro zástupce provozoven na Třídě Míru .....	102
Příloha 3 – vyplněný dotazník, Tesco .....	103
Příloha 4 – kritériální matice, multikritériální analýza .....	104
Příloha 5 – celý postup sestavení základní okružní jízdy.....	105
Příloha 6 – výsledné tabulky pro jednotlivé scénáře MDC1 .....	108
Příloha 7 - výsledné tabulky pro jednotlivé scénáře MDC2 .....	109
Příloha 8 – zadávací okno, program NetOpt .....	110
Příloha 9 – Přiřazovací problém, postup pro dvě vozidla .....	111

## **PUBLIKAČNÍ ČINNOST K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE**

2009

CEMPÍREK, V. – CÍSAŘOVÁ, H.: *Optimalizace rozmístění přepravních uzlů*. In: Sborník z mezinárodní konference LOADO 2009, Štrbské Pleso, 21. - 23. 10. 2009, str. 295-300, Košice, 2009, ISSN 1451-107X.

2010

CÍSAŘOVÁ, H.: *Kombinovaná přeprava přibližuje materiálové toky městu*. In: Sborník z mezinárodní konference CZ Intermodal 2010, 27. 4. 2010, s. 21-25. ISBN 978-80-86530-66-6.

CEMPÍREK, V. – CÍSAŘOVÁ, H.: *City logistika a terminály*. In: Logistická centra. 1. vydání, Pardubice: Institut J. Pernera, 2010. 7. kapitola, strany 106-112, ISBN 978-80-86530-70-3.

CÍSAŘOVÁ, H.: *City logistické přístupy a možnosti zapojení železniční dopravy do dopravní obsluhy měst*. In: sborník z mezinárodní konference Horizonty železniční dopravy 2010, Žilina, 16.-17. 9. 2010.

2011

CÍSAŘOVÁ, H.: *Metody operačního výzkumu řešící city logistické problémy*. In: Produktivita a Inovácie, Žilinská univerzita ve spolupráci se Slovenským centrem produktivity a Ústavem konkurenceschopnosti a inovace. Zasláno a přijato k uveřejnění listopad 2011, 5 str., ISSN 1335-5961.

2012

CÍSAŘOVÁ, H. – CEMPÍREK, V.: *City logistika a její možnosti*. In: Logistika, 2012, zasláno a přijato k uveřejnění, roč. 18., číslo 9. ISSN 1801-674X.



## **PUBLIKAČNÍ ČINNOST**

2009

ŠIROKÝ, J. – CÍSAŘOVÁ, H.: *Technologie letecké dopravy*. In: *Technologie dopravy*. 1. vydání, Pardubice: Institut J. Pernera, 2009. 9. kapitola, strany 129-147, ISBN 978-80-86530-53-1.

ŠIROKÝ, J. – CÍSAŘOVÁ, H.: *The Air Transport Technology*. In: *The Transport Technology and Control*. 1. vydání, Pardubice: Institut J. Pernera, 2009. 9. kapitola, strany 124-144, ISBN 978-80-86530-55-0.

2010

CÍSAŘOVÁ, H.: *City logistické přístupy a možnosti zapojení železniční dopravy do dopravní obsluhy měst*. In: sborník z mezinárodní konference *Horizonty železniční dopravy 2010*, Žilina, 16.-17. 9. 2010.

2011

CÍSAŘOVÁ, H., SEDUNKA, J.: *Organizace železniční dopravy při akcích hromadného charakteru*. In: *Železničná doprava a logistika, elektronický časopis při Žilinské univerzitě, Žilina*, str. 37-40, roč. VII., číslo 3, 2011. ISSN 1336-7943.

2012

CÍSAŘOVÁ, H. – HRUBAN, I.: *Identifikace přepravních jednotek a dopravních prostředků*. In: *Sborník z mezinárodní konference Horizonty železniční dopravy 2012*, Strečno, 13.-14. 9. 2012.

CÍSAŘOVÁ, H. – HRUBAN, I.: *RFID v evropské železniční dopravě*. In: *Logistika*, 2012, roč. 18, č. 6, str. 30-31. ISSN 1211-0957.

## **OSTATNÍ AKTIVITY DOKTORANDA**

Interní doktorand na katedře Technologie a řízení dopravy

### **Akademický rok 2008/2009**

- pedagogická činnost:
  - o zimní semestr: vedení cvičení TRD – letecká doprava.
  - o letní semestr: vedení cvičení Technologie a řízení letecké a vodní dopravy.
- vedení bakalářských prací studentů Ondřeje Dařbujana a Zdeňka Veverky
- spoluřešitel na projektu Veřejného logistického centra Přerov
- tajemník bakalářských a magisterských státních závěrečných zkoušek

Externí doktorand na katedře Technologie a řízení dopravy

### **Akademický rok 2009/2010, 2010/2011 a 2011/2012**

- pedagogická činnost:
  - o zimní semestr: vedení cvičení Základy technologie a řízení dopravy, Technologie a řízení dopravy – letecká doprava, Logistická centra, Logistika, Logistika v dopravě, Teorie dopravy.
  - o Výuka předmětu Logistics in Transport v anglickém jazyce ZS 2011/2012
  - o letní semestr: vedení cvičení Technologie a řízení letecké a vodní dopravy, technologie ložných a skladových operací, Hospodářská a dopravní geografie, Teorie logistických a přepravních technologií.
- vedení bakalářských prací studentů Pavla Boublíka, Petra Klatovského, Petra Krže, Ondřeje Malínského, Michala Rohlíčka, Martina Rumana, Petra Patočky a Lehloo Miriam (práce vedena v anglickém jazyce)
- vedení diplomových prací Bc. Vítězslava Trojana a Bc. Martina Polanského
- tajemník bakalářských, magisterských a doktorských státních závěrečných zkoušek
- členství v organizačním výboru konference Intermodal2010
- katedrální správce OBD

### **Účast při řešení projektů**

Projekt č. CG932-019-520 „Optimalizace svozu a rozvozu malých zásilek s využitím silniční a železniční dopravy“ - projekt Ministerstva dopravy ČR.

Projekt č. 51030/20/SG520001 „Studentská grantová soutěž“. Účastník 2010-2012.

## **Přílohy**

## Příloha 1 – vyplněný dotazník, Odbor hl. architekta, Pardubice

<p>Má město Pardubice výrazné dopravní problémy?</p>	<p>Dle obrazu vytvářeného médii ano. Ale co znamená „dopravní problémy“? Zdržení při průjezdu městem je po většinu dne zanedbatelné. V ranní a odpolední špičce vzniká větší vzduť na několika křižovatkách a kvalita dopravy je tak snížena. Jedná se prakticky o několik desítek minut každý den (závisí na lokalitě). Je pravdou, že pro některé cesty (zejména tranzit) chybí propojení okrajových částí města – obchvaty. Obchvaty, tak jak jsou navrženy v ÚP, mají potenciál převést i část místní dopravy a tím odlehčit dopravním „problémům“ v centru. Pro velkou část cest existují v Pardubicích alternativy – díky svojí sídelní struktuře a terénu (kompaktní, krátké vzdálenosti, rozložení zdrojů a cílů, placka) se lze snadno pohybovat pěšky, nebo na kole. Tyto způsoby dopravy fungují bez problémů v každou denní dobu.</p>
<p>Uveďte základní problematická místa na městské dopravní infrastruktuře?</p>	<p><b>Pro motorovou dopravu (vlastně i VD):</b> spíš to co chybí – obchvaty, jinak Labská, křižovatka u elektroprůmyslovky, křižovatky na Masarykově náměstí, křižovatka u Parama,...</p> <p><b>VD:</b> spíš to co chybí – přestupní uzel (mohlo by být Masarykovo nám.)</p> <p><b>Pro cyklisty:</b> 17. Listopadu, Jana Palacha, Masarykovo náměstí, náměstí Republiky, Dašická, Bubeníkova, Štrossova, Kyjevská, Vonkův most,...</p> <p><b>Pro pěší:</b> opět křižovatky v centru města, kde na některých ramenech chybí přechody; náměstí Republiky a Masarykovo – příčná vazba; ale také třeba absence zklidněných zón v residenčních oblastech (tempo 30), či v centru města (pěší zóny).</p>
<p>Existují časová okna pro logistickou obsluhu ve městě? (časová okna, maximální doba obsluhy, noční dodávky)</p>	<p>režim zásobování – jsou nastaveny na několika místech, ale neuspokojivě.</p>
<p>Uplatňuje se omezení vjezdu vozidel na základě ekologických norem? (stáří a pohon vozidla, emisní normy, regulace hluku)</p>	<p>Ne</p>
<p>Je vyžadován vyhrazený prostor pro logistickou obsluhu v městských zónách městskou vyhláškou?</p>	<p>Ne</p>
<p>V případě, že ve městě Pardubice jsou uplatňovány city logistické koncepty, nebo dopravní restrikce, kdo provádí kontrolní činnost?</p>	<p>Městská policie Pardubice</p>
<p>Usměrňují se zbožové toky prostřednictvím městského distribučního centra? (konsolidace</p>	<p>Ne</p>

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

<b>zásilek pro příjemce, kontrola efektivního ložení vozidel, zařízení pro konečnou distribuci, překládka na poslední míli)</b>	
<b>Myslíte si, že by za současné situace bylo reálné využít zásobování prostřednictvím MDC?</b>	Ne
<b>Existují dopravní omezení pro nákladní dopravu? (dopravní značení, vymezené trasy, multifunkční pruhy)</b>	Ano, zákaz vjezdu do centrální části města.
<b>Podílí se obyvatelé města na vyřešení problematiky nákladní dopravy? (vytvoření vyjednávacích skupin, setkání se živnostníky)</b>	Ne (chystáme první jednání s podnikateli s provozovnou v konkrétní oblasti)
<b>Existuje informační portál poskytující informace o nákladní dopravě ve městě?</b>	Ne
<b>Jsou v plánu projekty zabývající se zásobováním městských zón? (pokud ano, uveďte, prosím, i název projektu)</b>	Ne
<b>Existuje vize pro změnu systému zásobování ve specifických zónách? Pokud ano, napište časový horizont řešení a název projektu.</b>	Ne
<b>V případě, že se již město zabývá řešením problémů spojených s nákladní dopravou, s jakými zásadními problémy jste se setkali?</b>	Režim zásobování není dodržován, ale samotné zásobování není zásadní problém. Spíše jde o to, že pravidla pro zásobování jsou špatně nastavena a do regulovaných zón vjíždí a stojí vozidla, která nezásobují.
<b>Je v plánu rozšířit dopravní restriktce ve městě? Pokud ano, jak a v jakém časovém horizontu proběhne realizace.</b>	Není k dispozici žádný ucelený plán. Jedná se o dílčí úpravy v jednotlivých lokalitách. Chystá se přenastavení režimu zásobování na Třídě Míru. Dále bude zpracována analýza obsazenosti parkovacích míst. Na jejím základě by mohlo dojít k rozšíření zón placeného stání.
<b>Má město Pardubice k dispozici softwarové produkty modelující dopravu?</b>	Ne. Modely jsou zpracovávány externě. Stejně MMP nezaměstnává nikoho, kdo by se mohl modelování věnovat.
<b>Zhruba kolik lidí se na Magistrátu města věnuje problematice nákladní dopravy?</b>	Neexistuje nikdo, u koho by se dalo říct, že to spadá přímo do jeho agendy.

## Příloha 2 – vzorový dotazník pro zástupce provozoven na Třídě Míru

<b>Napište název a místo – adresu Vaší provozovny</b>	
<b>Napište, jak často je nutné zásobovat Vaši provozovnu? (týdenní, denní interval, jiné)</b>	
<b>Prosím, uveďte přibližný čas, pokud jste zásobován v určitém čase?</b>	
<b>Napište nejvhodnější dobu pro Vaše zásobování.</b>	
<b>Jakým dopravním prostředkem je Vaše provozovna zásobena?</b>	
<b>Existuje možnost zásobování za zadní strany budovy? Pokud ne, uveďte důvod.</b>	
<b>Jak rychle probíhá průměrné zásobování a kompletní převzetí zboží?</b>	
<b>Máte jinou alternativu pro zásobování (myšleno sdružit určité druhy zboží do větších dávek, změnit stávající dobu, kdy probíhá zásobování, lze u Vás změnit místo a zásobovat ze zadní části budovy)?</b>	
<b>V případě, že nelze zásobovat ze zadní části budovy, uveďte důvod.</b>	
<b>Bylo by pro Vás vhodnější jiné časové okno pro předání zboží?</b>	
<b>V jakých přepravních obalech probíhá předání zboží?</b>	
<b>Zhruba jaký objem zboží je Vám dodáván v průběhu dne/týdne?</b>	
<b>Mění se dodávaný objem zboží?</b>	
<b>Jak řešíte toky přepravních obalů?</b>	
<b>Jste spokojeni se současnými dopravními omezeními? Jak byste je změnili? Jak vnímáte dopravní omezení v místě Vaší provozovny/maloobchodu?</b>	

### Příloha 3 – vyplněný dotazník, Tesco

<b>Prosím o vyplnění základních údajů o Vaší provozovně. (velikost, umístění)</b>	Hypermarket Tesco Čelákovice 3000 m <sup>2</sup> Otvírací doba 7-22
<b>Definujte jak často probíhá zásobování obchodního domu? (prosím o specifikaci např. potraviny denně/dvakrát denně, oděvy – dvakrát týdně,...)</b>	Čerstvé potraviny – hlavní pekař 3x denně, aby bylo pečivo čerstvé, ostatní čerstvé potraviny 1x denně dopoledne Mražené 3x týdně. Trvanlivé potraviny 5x týdně večer – máme noční doplňování Pivo – každá značka 2x týdně (Plzeň dopoledne, Staropramen odpoledne)
<b>Prosím, uveďte přibližný čas, pokud jste zásobován v určitém pravidelném čase? (např. potraviny před šestou hodinou a spotřební zboží v průběhu dne, nepravidelně apod.)</b>	Pekárna a dorty do 7hod, balená pekárna do9h, Trvanlivé a nepotraviny večer
<b>Napište nejvhodnější dobu pro Vaše zásobování.</b>	Po 19 hod, skladník má čas porovnat sklad a po 21 hod přicházejí do práce noční doplňovači
<b>Jakým dopravním prostředkem je Vaše provozovna zásobena? (v případě, že se vozidlový park mění od dodavatele, prosím, o specifikaci)</b>	Nákladní auta(většinou přímý dodavatel) a kamiony (z centrálního skladu)
<b>Máte vyhrazený prostor, případně speciální vchod pro zásobování?</b>	Ano, ze zadní části obchodu je nájezd a rampa
<b>Jak rychle probíhá průměrné zásobování a komplexní převzetí zboží? (potraviny vs. spotřební zboží)</b>	Centrální sklad (dále DC) cca 30 palet – 2 hodiny Přímý dodavatel cca 0,5 hod, dle množství zboží
<b>Zásobujete zbožím, které má specifické požadavky? Jestliže ano, jak často jím zásobujete, používáte specifické přepravní jednotky a manipulační techniku?</b>	Mražené – dodržení teplotního řetězce – max 20 min mimo mrazák (dle zákona) Máme elektrický paletový vozík
<b>Máte jinou alternativu pro zásobování (myšleno sdružit určité druhy zboží do větších dávek, změnit stávající dobu, kdy probíhá zásobování, lze u Vás změnit místo a zásobovat za zadní částí budovy)?</b>	ne
<b>Bylo by pro Vás vhodnější jiné časové okno pro předání zboží?</b>	ne
<b>V jakých přepravních obalech probíhá předání zboží? (palety, přepravky, malé kontejnery)</b>	Z DC paleta a klece, speciální dolly vozíky a tesco přepravky ve třech hloubkách, pekaři 3 druhy přepravek Květiny na tzv. cc vozících
<b>Zhruba jaký objem zboží je Vám dodávám v průběhu dne a týdně?</b>	Týdně 8 kamionů (po cca 20-30 paletách) a 7 nákladních aut od pivovarů Denně – 3x pekař, 2-3 ostatní čerstvé pečivo, pivovar, večer kamion
<b>Mění se dodávaný objem zboží?</b>	Pokud je velká změna v sortimentu, mění se část plochy (sezónní zboží: vánoce hračky, srpen papírnictví, teď třeba věci na zahradu apod.) přijede více zboží jinak je to podobné
<b>Jak řešíte zpětné toky přepravních obalů?</b>	U přímých dodavatelů měníme okamžitě kus za kus, u palet a klecí z DC vracíme 3x týdně – v dodacím listu je uvedeno, kdy můžeme obaly naložit)
<b>Jste spokojeni se současnými dopravními omezeními? Jak byste je změnili? Jak vnímáte dopravní omezení v místě Vaší provozovny/maloobchodu?</b>	Bohužel nám před asi 6 týdny začali u prodejny stavět kruhový objezd, takže jsme uvězněni mezi dvěma semaforly

#### **Příloha 4 – kriteriální matice, multikriteriální analýza**

Vozidlo	Cena bez DPH [Kč]	Spotřeba město [l/100 km]	Spotřeba mimo [l/100 km]	Nosnost [kg]	Vybavení [body]	Ložný prostor [m <sup>3</sup> ]	Servis
F. Transit	0	1,4	0,5	1 250	8	14,3	1
VW Crafter	49 400	0,9	0,3	1 300	7	15,5	1
P. Boxer	58 700	1,3	0,2	1 250	6	15	1
M. Sprinter	6 900	0	0	1 200	9	15,5	0
C. Jumper	70 100	1	0,3	1 300	6	15	1

Bazální v.	0	0,0	0,0	1 200	6	14,3	0
Ideální v.	70 100	1,4	0,5	1 300	9	15,5	1



## Příloha 5 – celý postup sestavení základní okružní jízdy

### 1. krok sdružování (maximální úspora 20087m, při sdružení obsluhy 5. a 6. zákazníka) trasa MDC1-Z5-Z6-MDC1

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Zákazník 1	0	19905	19901	19855	19926	19990	19406
Zákazník 2	19925	0	19865	19755	19943	19897	19586
Zákazník 3	19646	19241	0	20047	19420	19797	18721
Zákazník 4	19718	19317	19753	0	19950	19869	18797
Zákazník 5	19941	19539	19935	19859	0	<b>20087</b>	18939
Zákazník 6	19957	19561	19956	19881	19665	0	18961
Zákazník 7	18898	18584	19311	19240	19022	18990	0

max **20087**

	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4
Požadavek [počet]	6	5		0
Čas obsluhy [min]	30	12,5	0	0
Objem [m <sup>3</sup> ]	0,288	0,48	0	0
Plocha [m <sup>2</sup> ]	0,24	0,24	0	0

Celkem	obsluha [min]	42,5
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	0,768
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	0,48

### 2. krok sdružování (úspora 20047 m, při sdružení trasy 3. a 4. zákazníka) trasa MDC1 – Z3 – Z4 –MDC1 a MDC1-Z5-Z6-MDC1

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Zákazník 1	0	19905	19901	19855	19926	19990	19406
Zákazník 2	19925	0	19865	19755	19943	19897	19586
Zákazník 3	19646	19241	0	<b>20047</b>	19420	19797	18721
Zákazník 4	19718	19317	19753	0	19950	19869	18797
Zákazník 5	19941	19539	19935	19859	0	<b>20087</b>	18939
Zákazník 6	19957	19561	19956	19881	19665	0	18961
Zákazník 7	18898	18584	19311	19240	19022	18990	0

max **20047**

	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4
Požadavek [počet]	6	17		0
Čas obsluhy [min]	30	42,5	0	0
Objem [m <sup>3</sup> ]	0,288	1,632	0	0
Plocha [m <sup>2</sup> ]	0,24	0,96	0	0

Celkem	obsluha [min]	72,5
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	1,92
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	1,2

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

**3. krok sdružování (úspora 19957 m, při sdružení trasy 6. a 1. zákazníka) trasa MDC1 – Z3 – Z4 – MDC1 a MDC1 - Z5 - Z6 - Z1 - MDC1**

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Zákazník 1	0	19905	19901	19855	19926	19990	19406
Zákazník 2	19925	0	19865	19755	19943	19897	19586
Zákazník 3	19646	19241	0	<b>20047</b>	19420	19797	18721
Zákazník 4	19718	19317	19753	0	19950	19869	18797
Zákazník 5	19941	19539	19935	19859	0	<b>20087</b>	18939
Zákazník 6	<b>19957</b>	19561	19956	19881	19665	0	18961
Zákazník 7	18898	18584	19311	19240	19022	18990	0

max **19957**

	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4
Požadavek [počet]	6	17		12
Čas obsluhy [min]	30	42,5	0	48
Objem [m <sup>3</sup> ]	0,288	1,632	0	9,216
Plocha [m <sup>2</sup> ]	0,24	0,96	0	5,76

Celkem	obsluha [min]	120,5
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	11,136
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	6,96

**4. krok sdružování (úspora 19950 m, při sdružení trasy 4. a 5. zákazníka) trasa MDC1– Z3 – Z4 – Z5 – Z6 –Z1 – MDC1**

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Zákazník 1	0	19905	19901	19855	19926	19990	19406
Zákazník 2	19925	0	19865	19755	19943	19897	19586
Zákazník 3	19646	19241	0	<b>20047</b>	19420	19797	18721
Zákazník 4	19718	19317	19753	0	<b>19950</b>	19869	18797
Zákazník 5	19941	19539	19935	19859	0	<b>20087</b>	18939
Zákazník 6	<b>19957</b>	19561	19956	19881	19665	0	18961
Zákazník 7	18898	18584	19311	19240	19022	18990	0

max **19950**

	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4
Požadavek [počet]	6	17		12
Čas obsluhy [min]	30	42,5	0	48
Objem [m <sup>3</sup> ]	0,288	1,632	0	9,216
Plocha [m <sup>2</sup> ]	0,24	0,96	0	5,76

Celkem	obsluha [min]	120,5
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	11,136
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	6,96

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

**5. krok sdružování (úspora 19905 m, při sdružení trasy 1. a 2. zákazníka) trasa MDC1– Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z1– Z2 – MDC1**

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Zákazník 1	0	<b>19905</b>	19901	19855	19926	19990	19406
Zákazník 2	19925	0	19865	19755	19943	19897	19586
Zákazník 3	19646	19241	0	<b>20047</b>	19420	19797	18721
Zákazník 4	19718	19317	19753	0	<b>19950</b>	19869	18797
Zákazník 5	19941	19539	19935	19859	0	<b>20087</b>	18939
Zákazník 6	<b>19957</b>	19561	19956	19881	19665	0	18961
Zákazník 7	18898	18584	19311	19240	19022	18990	0

max **19905**

	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4
Požadavek [počet]	6	18		12
Čas obsluhy [min]	30	45	0	48
Objem [m <sup>3</sup> ]	0,288	1,728	0	9,216
Plocha [m <sup>2</sup> ]	0,24	0,96	0	5,76

Celkem	obsluha [min]	123
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	11,232
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	6,96

**6. krok sdružování (úspora 19586 m, při sdružení trasy 2. a 7. zákazníka) trasa MDC1 – Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z1 – Z2 –Z7– MDC1**

	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
Zákazník 1	0	<b>19905</b>	19901	19855	19926	19990	19406
Zákazník 2	19925	0	19865	19755	19943	19897	<b>19586</b>
Zákazník 3	19646	19241	0	<b>20047</b>	19420	19797	18721
Zákazník 4	19718	19317	19753	0	<b>19950</b>	19869	18797
Zákazník 5	19941	19539	19935	19859	0	<b>20087</b>	18939
Zákazník 6	<b>19957</b>	19561	19956	19881	19665	0	18961
Zákazník 7	18898	18584	19311	19240	19022	18990	0

max **19586**

	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4
Požadavek [počet]	6	18	4	12
Čas obsluhy [min]	30	45	32	48
Objem [m <sup>3</sup> ]	0,288	1,728	6,3168	9,216
Plocha [m <sup>2</sup> ]	0,24	0,96	3,84	5,76

Celkem	obsluha [min]	155
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>17,5488</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>10,8</b>

**5. krok sdružování tras je posledním, protože při následujícím přidružení trasy obsluhy 7. zákazníka by došlo k překročení omezující podmínky objemu ložného prostoru a plochy obslužného vozidla. Zákazník 7 bude obslužen samostatně. Výsledné trasy jsou MDC1 – Z3 – Z4 – Z5 – Z6 – Z1 – Z2 – MDC1 a MDC1 – Z7 – MDC1. Toto řešení mělo omezující podmínky pouze v parametrech obslužného vozidla. Další vstupující omezující podmínky jsou řešeny v samostatných scénářích a výsledky uvedeny v textu práce. V příloze nebyly uvedeny ty alternativy, kdy nešlo trasu přidružit z důvodu narušení předchozí posloupnosti obslužených vrcholů.**

## Příloha 6 – výsledné tabulky pro jednotlivé scénáře MDC1

**Výsledek 3. scénáře – vyhrazené stání MDC1, průměrná rychlost chůze 4,5 km/h, liché dny obsluhy**

Celkem	obsluha [min]	110,5
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>10,752</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>6,72</b>
	chůze [min]	3
	jízda [min]	0
150	celkem [min]	<b>113,5</b>

**Výsledek 3. scénáře – vyhrazené stání MDC1, průměrná rychlost chůze 4,5 km/h, sudé dny obsluhy**

Celkem	obsluha [min]	107
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>8,3328</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>5,04</b>
	chůze [min]	4
	jízda [min]	0
150	celkem [min]	<b>111</b>

**Výsledek 4. scénáře – vyhrazené stání a časové okno 6<sup>30</sup> – 9<sup>00</sup>, průměrná rychlost chůze 4,5 km/h a jízdy 15 km/h, liché dny obsluhy**

Celkem	obsluha [min]	110,5
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>10,752</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>6,72</b>
	chůze [min]	3
	jízda [min]	2
150	celkem [min]	<b>115,5</b>

**Výsledek 4. scénáře – vyhrazené stání a časové okno 6<sup>30</sup> – 9<sup>00</sup>, průměrná rychlost chůze 4,5 km/h a jízdy 15 km/h, sudé dny obsluhy**

Celkem	obsluha [min]	107
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>8,3328</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>5,04</b>
	chůze [min]	4
	jízda [min]	5
150	celkem [min]	<b>116</b>

## Příloha 7 - výsledné tabulky pro jednotlivé scénáře MDC2

**Výsledek 3. scénáře – vyhrazené stání MDC2, průměrná rychlost chůze 4,5 km/h, liché dny obsluhy**

Celkem	Obsluha [min]	110,5
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>10,752</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>6,72</b>
	chůze [min]	3
	jízda [min]	0
150	celkem [min]	<b>113,5</b>

**Výsledek 3. scénáře – vyhrazené stání MDC2, průměrná rychlost chůze 4,5 km/h, sudé dny obsluhy**

Celkem	Obsluha [min]	107
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>8,3328</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>5,04</b>
	chůze [min]	4
	jízda [min]	0
150	celkem [min]	<b>111</b>

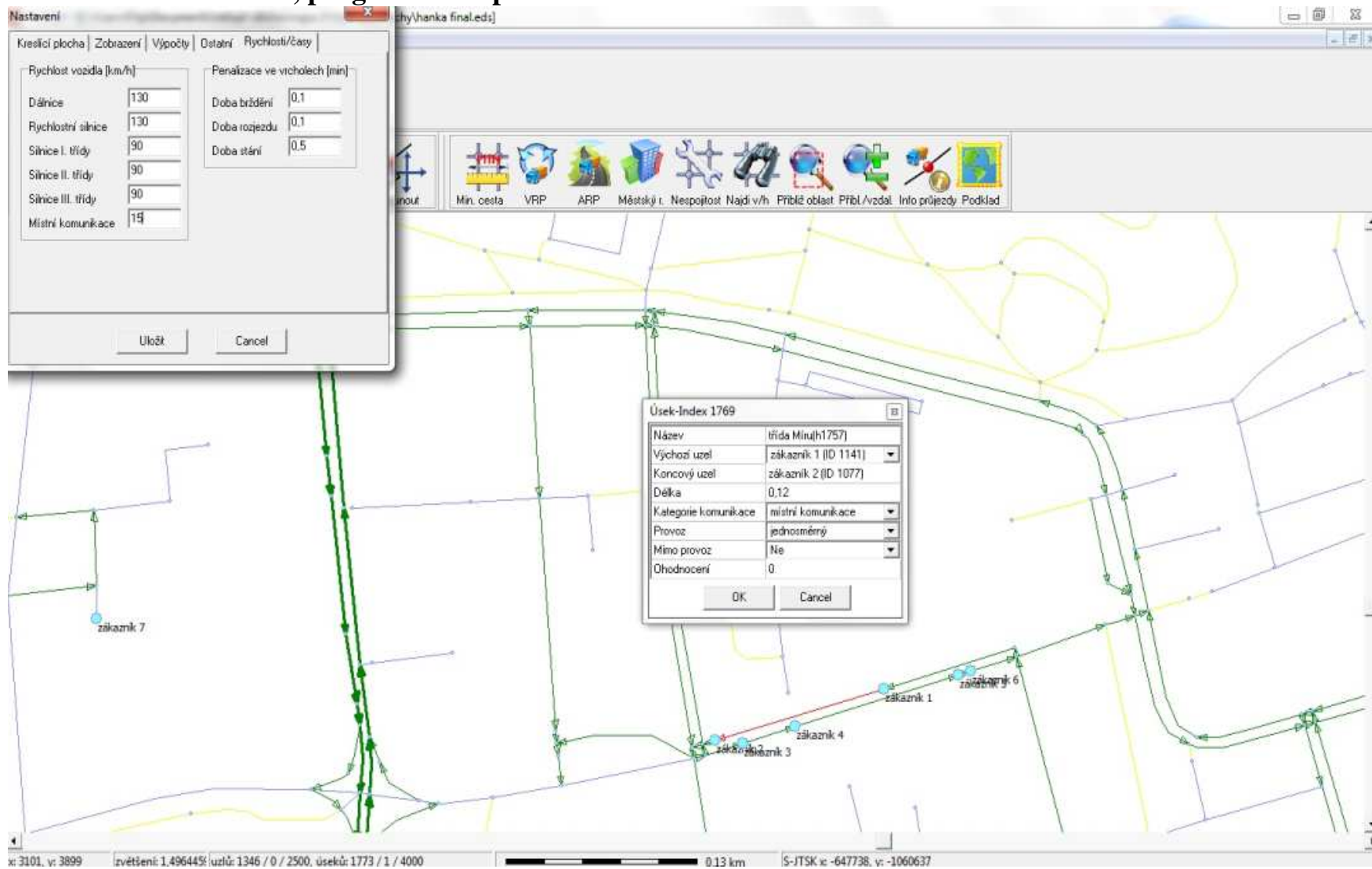
**Výsledek 4. scénáře – vyhrazené stání a časové okno 6<sup>30</sup> – 9<sup>00</sup>, průměrná rychlost chůze 4,5 km/h a jízdy 15 km/h, liché dny obsluhy**

Celkem	Obsluha [min]	110,5
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>10,752</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>6,72</b>
	chůze [min]	3
	jízda [min]	2
150	celkem [min]	<b>115,5</b>

**Výsledek 4. scénáře – vyhrazené stání a časové okno 6<sup>30</sup> – 9<sup>00</sup>, průměrná rychlost chůze 4,5 km/h a jízdy 15 km/h, sudé dny obsluhy**

Celkem	Obsluha [min]	107
15,5	objem [m <sup>3</sup> ]	<b>8,3328</b>
7,74	plocha [m <sup>2</sup> ]	<b>5,04</b>
	chůze [min]	4
	jízda [min]	5
150	celkem [min]	<b>116</b>

**Příloha 8 – zadávací okno, program NetOpt**



Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

**Příloha 9 – Přiřazovací problém, postup pro dvě vozidla**

Vozidlo 1

	MDC (1)	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
MDC (1)	0	0	0	1,1094E-12	4,4798E-16	0	1,9984E-11	1
Zákazník 1	0	0	0	0	0	0	0	0
Zákazník 2	2,331E-11	0	0	0	0	0	0	0
Zákazník 3	0	0	0	0	1,1091E-12	0	0	0
Zákazník 4	0	0	0	0	6,6616E-12	1,1094E-12	0	0
Zákazník 5	0	0	0	0	0	0	3,3293E-12	0
Zákazník 6	0	1,1106E-12	2,22027E-11	0	0	0	0	0
Zákazník 7	1	0	0	0	0	0	0	0

K zák	1	1,111E-12	2,2203E-11	1,109E-12	7,771E-12	1,109E-12	2,331E-11	1
podm	1	1	1	1	1	1	1	1
Od zák	1	0	2,3313E-11	1,109E-12	7,771E-12	3,329E-12	2,331E-11	1

	PS	LS
objem LJ4[m <sup>3</sup> ]	0,768	
plocha LJ4 [m <sup>2</sup> ]	0,48	
kapacita V	15,5	6,144
Kapacita S	7,74	3,84
min	19667	

Disertační práce  
*Modelování dopravní obsluhy ve vybraném území s použitím city logistiky*

**Vozidlo 2**

	MDC (1)	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3	Zákazník 4	Zákazník 5	Zákazník 6	Zákazník 7
MDC (1)	0	0	0	1	0	0	0	1,1092E-12
Zákazník 1	0	0	1	0	0	0	0	0
Zákazník 2	1	0	0	0	0	0	0	0
Zákazník 3	0	0	0	0	1	0	0	0
Zákazník 4	0	0	0	0	0	1	0	0
Zákazník 5	0	1,5542E-11	0	0	0	0	1	0
Zákazník 6	0	1	1,41387E-15	0	0	0	0	0
Zákazník 7	0	0	0	0	0	0	0	3,2196E-11

k zák	1	1	1	1	1	1	1	3,33E-11
podm	1	1	1	1	1	1	1	1
Od zák	1	1	1	1	1	1	1	3,22E-11

	PS	LS
objem LJ4[m <sup>3</sup> ]	0,768	
plocha LJ4 [m <sup>2</sup> ]	0,48	
kapacita V	15,5	11,232
Kapacita S	7,74	7,02
účel f	39786	

min	20119
-----	-------

Toto řešení obsahuje výsledky matematického modelu řešením přiřazovacího problému s tím, že jsou použity pro výsledné okružní jízdy dvě obslužná vozidla. Délka jednotlivých okružních jízd je 19667 m a 20119 m.