

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Zavedení city logistiky do prostředí
České republiky

Bc. Tomáš Beran

Diplomová práce

2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Beran**
Osobní číslo: **D14513**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Zavedení city logistiky do prostředí České republiky**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

1. Charakteristika city logistiky
2. Analýza přístupů k řešení city logistiky
3. Návrh metodiky zavedení city logistiky
4. Aplikování navržené metodiky na vybrané území

Závěr

Rozsah grafických prací: 4 - 5
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

- (1) CEMPÍREK, V., et al. Logistické a přepravní technologie. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2009, 198 s. ISBN 978-80-86530-57-4
- (2) TANIGUCHI, E., FWA, T. F., THOMPSON, R. G. Urban Transportation and Logistics: Health, Safety and Security Concerns. Boca Raton: CRC Press, 2014, 274 s. ISBN 978-1-4822-0911-2
- (3) PERNICA, P. Logistika pro 21. století (3. díl). Praha: Radix, 2005, s 612. ISBN 80-86031-59-4
- (4) SIXTA, J., MAČÁT, V. Logistika: teorie a praxe. Brno: Computer Press, 2010, 315 s. ISBN 80-251-0573-3

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2016**



doc. Ing. Ivo Drahošský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. února 2016

Prohlašuji:

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

Byl jsem seznámen 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 27. 05. 2016

Bc. Tomáš Beran

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu své diplomové práce panu prof. Ing. Václavu Cempírkovi, Ph.D. za věnovaný čas, odborný dohled a věcné připomínky při tvorbě této práce.

ANOTACE

Diplomová práce je věnována procesům distribuce zboží v městském prostředí, kterým se obecně říká city logistika. V úvodní teoretické části uvádí význam city logistiky ze společensko-ekonomického pohledu, její charakteristiku a základní technologie, kterými je možné city logistiku ve městech realizovat. Na základě těchto informací je vytvořena obecná metodika zavádění city logistiky do prostředí libovolného města. Tato metodika je v další části použita pro vytvoření modelového řešení city logistiky v Hradci Králové.

KLÍČOVÁ SLOVA

city logistika, distribuce, Hradec Králové, logistické technologie, městské distribuční centrum, metodika

TITLE

Initiation of city logistics in the Czech Republic

ANNOTATION

The master thesis is focused on processes of distribution of goods in urban areas which are generally called city logistics. In the first part there are given meaning of city logistics from a socio-economic point of view, characteristics of city logistics and basic technologies. On the basis of the first part the methodology of initiation of city logistics in a city is formed in the second part. The methodology is used to creation of the model of city logistics solution in Hradec Králové.

KEYWORDS

city logistics, distribution, Hradec Králové, logistics technologies, urban distribution center, methodology

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD	12
1 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY	13
1.1 Definice city logistiky	14
1.2 Cíle city logistiky	16
1.3 Subjekty v city logistice	17
1.4 Modely logistické obsluhy měst	18
1.5 Přínosy plynoucí ze zavedení city logistiky	19
1.6 Možné problémy při zavádění city logistiky	20
2 TECHNOLOGIE CITY LOGISTIKY	22
2.1 Městské distribuční centrum	23
2.1.1 Členění městských distribučních center	24
2.1.2 Projektování městských distribučních center	25
2.1.3 Lokace městského distribučního centra	26
2.2 Vozidla pro logistickou obsluhu měst	29
2.2.1 Alternativní pohony a paliva	29
2.2.2 Konstrukce vozidel	30
2.2.3 Optimalizace využívání vozidel	30
2.2.4 Výběr vozidel	31
2.3 Organizace dopravy na pozemních komunikacích	31
2.3.1 Regulace vjezdů nákladních vozidel	32
2.3.2 Vyhrazená parkovací stání	32
2.3.3 Vyhrazené jízdní pruhy	32
2.3.4 Zpoplatnění dopravní infrastruktury	33
2.4 Nekonvenční způsoby distribuce zboží	33
2.5 Hub and Spoke	34
2.6 Progresivní technologie v city logistice	35
3 METODIKA ZAVEDENÍ CITY LOGISTIKY	36
3.1 Předpoklady metodiky	36
3.2 Návrh metodiky zavedení city logistiky do prostředí České republiky	37

3.2.1	Organizace pohybu zboží na rozhraní vnitřního a vnějšího dopravního systému	38
3.2.2	Obsluha kyvadlovými jízdami	40
3.2.3	Obsluha okružními jízdami	41
3.3	Obecný postup tvorby city logistického systému	42
3.3.1	Fáze iniciační	42
3.3.2	Fáze návrhová	43
3.3.3	Fáze provozní	43
3.3.4	Fáze vyhodnocování	44
4	NÁVRH CITY LOGISTICKÉHO SYSTÉMU	45
4.1	Vymezení modelu	45
4.1.1	Dotazníkové šetření.....	45
4.1.2	Formulace požadavků zákazníků	48
4.1.3	Lokace městských distribučních center	50
4.1.4	Výběr obslužného vozidla.....	52
4.2	Obsluha kyvadlovými jízdami	56
4.3	Obsluha okružními jízdami	62
4.4	Vyhodnocení modelu	65
	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	68
	SEZNAM PŘÍLOH.....	71

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Subjekty v city logistice	18
Obrázek 2 Cross-docking v city logistice	24
Obrázek 3 Technologie vstupní brány a tranzitního terminálu.....	25
Obrázek 4 Příklad rozmístění vstupních bran.....	26
Obrázek 5 Technologie Hub and Spoke	34
Obrázek 6 Způsoby propojení MDC	39
Obrázek 7 Proces tvorby city logistického systému	42
Obrázek 8 Dotazníkové šetření – četnost a způsob zásobování	47
Obrázek 9 Dotazníkové šetření - používané přepravní jednotky.....	48
Obrázek 10 Polohy MDC v Hradci Králové.....	52
Obrázek 11 Grafická interpretace výběru obslužného vozidla metodou WSA	56
Obrázek 12 Oblasti v Hradci Králové vhodné k obsluze kyvadlovými jízdami	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Struktura maloobchodních jednotek v dotazníkovém šetření.....	46
Tabulka 2 Varianty modelu z hlediska četnosti zásobování.....	49
Tabulka 3 Varianty modelu z hlediska velikosti dodávek.....	50
Tabulka 4 Roční průměr denních intenzit dopravy za všechny dny (nákladní vozidla).....	51
Tabulka 5 Ohodnocení druhů pohonů pro metodu WSA.....	53
Tabulka 6 Saatyho matice.....	53
Tabulka 7 Váhy a typy kritérií.....	54
Tabulka 8 Kriteriaální matice.....	55
Tabulka 9 Oblasti v Hradci Králové vhodné k obsluze kyvadlovými jízdami.....	56
Tabulka 10 Parkovací stání v obsluze kyvadlovými jízdami.....	58
Tabulka 11 Matice vzdáleností v obsluze kyvadlovými jízdami [km].....	58
Tabulka 12 Počet zákazníků v jednotlivých variantách v obsluze kyvadlovými jízdami.....	59
Tabulka 13 Jízdní výkon obslužného vozidla v obsluze kyvadlovými jízdami [km].....	59
Tabulka 14 Počet obrátů obslužného vozidla v obsluze kyvadlovými jízdami.....	59
Tabulka 15 Výsledné hodnoty ukazatelů v obsluze kyvadlovými jízdami.....	62
Tabulka 16 Obsluhované ulice v obsluze okružními jízdami.....	64
Tabulka 17 Jízdní výkon obslužného vozidla v okružních jízdách [km].....	65

SEZNAM ZKRATEK

CL	City logistika
DS	Dopravní systém
JIT	Just in Time
MB	Mercedes-Benz
MDC	Městské distribuční centrum
MJ	Maloobchodní jednotka
OV	Obslužné vozidlo
VLC	Veřejné logistické centrum
WSA	Weighted Sum Approach
ŽP	Životní prostředí

ÚVOD

Velká města ve vyspělých státech světa dnes musí stále naléhavěji čelit problémům souvisejícím s růstem dopravního zatížení. Je možné pozorovat přetěžování dopravní infrastruktury silničními vozidly a časté kongesce, zhoršování kvality ovzduší výfukovými plyny, nadměrný hluk a růst individuální automobilové dopravy vůči dopravě hromadné. To je dáno především rostoucí poptávkou po dopravních a přepravních službách, a to nejen v osobní dopravě, ale také v dopravě nákladní. Je proto třeba v dopravním systému ve městech přistupovat k zavádění takových opatření, která účinně odstraní uvedené problémy a současně neomezí svobodu pohybu obyvatel a výměnu zboží. Zachování těchto dvou principů je totiž zcela jistě jedním z cílů dnešní demokratické společnosti.

K řešení této problematiky je nutné na dopravu nahlížet ze systémového pohledu, kdy je nutné současně řešit osobní (veřejnou i individuální) a nákladní dopravu. Jen tak je možné dosáhnout kýžených sociálních a ekonomických efektů plynoucích z dopravy. Oblast nákladní dopravy ve městech se dnes obecně nazývá city logistika a právě této oblasti je věnována diplomová práce. **Cílem diplomové práce je navrhnout obecnou metodiku zavádění city logistiky do prostředí měst České republiky a následně tuto metodiku aplikovat na konkrétní město a ověřit tak její funkčnost.** K tomuto účelu bylo vybráno město Hradec Králové.

Diplomová práce je rozdělena do dvou částí. V teoretické části je popsán význam city logistiky z hlediska požadavků kladených na distribuci zboží ve městech v 21. století. Jedná se především o požadavky jednotlivých subjektů v city logistice a přístupy a možnosti zavádění konkrétních opatření. V návrhové části je na základě té předchozí vytvořena samotná metodika zavádění city logistiky, ve které je uveden obecný postup tvorby city logistického systému v libovolném městě. V této části je dále uvedena aplikace metodiky na prostředí města Hradce Králové.

1 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY

V současné době je v mnoha městech možné pozorovat růst objemu dopravy a přetěžování dopravní infrastruktury, což má za následek rostoucí negativní vlivy dopravy. Tyto negativní vlivy je možné rozlišovat podle hlediska:

- ekonomického,
- environmentálního,
- sociálního. (1)

Z **ekonomického pohledu** dochází vlivem růstu intenzity dopravy k jejímu zpomalování, čímž dochází k nízké efektivitě přeprav a plýtvání prostředky. Je také nutné vynakládat prostředky na odstraňování dopravních nehod. Z **environmentálního pohledu** dochází ke znečištění ovzduší výfukovými plyny, rostoucí spotřebě neobnovitelných zdrojů paliva, produkci odpadů, záboru půdy a znehodnocení krajiny. V oblasti **sociálních vlivů** dochází ke zvyšování rizika nemocí a smrtí obyvatel v důsledku zhoršující se kvality ovzduší, zraněním a úmrtím v důsledku dopravních nehod, nárůstu hluku a vizuálnímu rušení podoby města. Náklady plynoucí z těchto negativních vlivů je možné souhrnně označit pojmem externí náklady dopravy. Úkolem územních samospráv by měla být snaha všechny tyto negativní vlivy omezovat. (1)

Je proto nutné dopravu na území města, v souladu s principy udržitelné mobility, komplexně řídit a regulovat. Obecný postup optimalizace městské dopravy by měl spočívat v realizaci následujících bodů v uvedeném pořadí:

- vyloučení tranzitní dopravy mimo město,
- vymístění kapacitních zdrojů a cílů mimo vnitřní město,
- optimalizace osobní a nákladní dopravy. (2)

V prvním kroku je třeba z města vyloučit dopravní proudy, jejichž zdroje a cíle leží mimo město. Jedná se o cesty vozidel, které městu nepřinášejí žádný užitek a pouze přispívají ke vzniku uvedených negativních vlivů. Řešením je výstavba obchvatu města nebo např. zavedení zpoplatnění průjezdu městem. Jedná se o nákladnou investici, které však pro zlepšení dopravní situace představují klíčový prvek. V druhém kroku je třeba zvážit možnosti vymístění mimo centrum města těch zdrojů a cílů dopravních proudů, které na sebe vážou velké množství cest silničních vozidel. Může se jednat o výrobní podniky, velké obchodní domy apod. Tím se dosáhne dalšího zmírnění zatížení dopravní infrastruktury v centru města. Ve třetím kroku je souběžně řešena optimalizace osobní a nákladní dopravy. (2)

V **osobní dopravě** by měla být poskytována podpora environmentálně příznivým druhům dopravy ve formě finanční (úhrada prokazatelné ztráty dopravcům veřejné dopravy, výstavba infrastruktury), legislativní (daňové úlevy) a organizační (zvyšování kvality přepravních služeb, preference vozidel veřejné dopravy). Naopak individuální automobilová doprava by měla být prostřednictvím vhodných opatření regulována (zóny bez aut, zpoplatnění pozemních komunikací). Důležité je najít rovnováhu při užití zvolených opatření tak, aby nedocházelo k příliš agresivnímu „vnucování“ nových pravidel účastníkům dopravy. Jako environmentálně příznivé druhy dopravy, kterým by měla být podpora poskytována především, je možné označit:

- pěší dopravu,
- cyklistickou dopravu,
- městskou hromadnou dopravu. (3)

V případě **nákladní dopravy** je třeba koordinovat toky zboží uvnitř měst tak, aby byly minimalizovány pohyby nákladních vozidel, ale nebyla narušena funkčnost zásobování. Podle publikace (4) z celkového objemu dopravy ve městech představuje nákladní doprava cca 25 % až 35 %. Jedná se tedy o významný podíl z celkového objemu dopravy, který je možné s využitím vhodných opatření a efektivním řízením redukovat. Nákladní dopravu však nelze z města zcela vyloučit, neboť podporuje hospodářský růst města, poskytuje pracovní příležitosti a slouží k uspokojování potřeb obyvatel po hmotných statcích. Souboru opatření a způsobů řízení nákladní dopravy ve městech se dnes všeobecně říká **city logistika** (dále jen CL).

Řešení uvedených problémů v budoucnosti ještě získá na významu, protože podle (5) by do roku 2050 měl počet obyvatel žijících celosvětově ve městech z důvodu rostoucí urbanizace stoupnout z 50 % v roce 2010 na 70 %. Růst bude navíc podíl starých lidí se specifickými požadavky pro řešení jejich mobility. Tato fakta budou mít za následek stále se zvyšující nároky na celkovou funkčnost dopravního systému ve městech. Bude nutné řešit jednak mobilitu osob ve městech, ale také zásobování těchto obyvatel potravinami a dalšími typy zboží, které budou uspokojovat jejich všeobecně rostoucí potřeby. To vyžaduje nalézání takových dopravních technologií, které budou podporovat ekonomický význam města a současně poskytovat životní prostor obyvatelům města.

1.1 Definice city logistiky

Je možné vyslovit řadu definic pojmu CL. Jako nejjednodušší definice se nabízí rozbor spojení slov city a logistika. Slovo city zde vyjadřuje zaměření na oblast města a jeho nejbližšího okolí. Slovo logistika je pak možné chápat jako vědní disciplínu zabývající

se optimalizací všech hmotných i nehmotných toků v logistickém řetězci, tedy pohybem materiálu z místa vzniku do místa spotřeby, odvozem odpadů a výměnou všech relevantních informací mezi jednotlivými subjekty. Jedná se tedy o aplikování principů logistiky na prostorově omezený prostor města či aglomerace.

Podle publikace (6) je CL možné definovat jako „uplatnění logistických principů se zapojením poskytovatelů logistických služeb na vyšší úrovni koordinace a synchronizace, eventuálně se spoluúčastí orgánů města“. Další definici předkládají autoři (7), kteří termín CL popisují jako „proces optimalizace logistických a dopravních procesů na území města za účasti soukromých společností a podpory informačních systémů. V logistice je doprava nositelem hmotného toku. City logistics zahrnuje přepravu zboží a materiálů, provozování vnitřního systému dopravy, obsluhu skladů a obchodní sítě, dopravní obsluhu malých a středních podniků a osobní dopravu“. Podle monografie (8) je CL možné chápat jako „proces celkové optimalizace logistických a dopravních operací soukromými společnostmi s využitím pokročilých informačních systémů ve městě s ohledem na životní prostředí, dopravní kongesce, bezpečnost provozu a úsporu energií v rámci tržní ekonomiky“.

Z výše uvedených definic je možné vymezit základní principy, kterými se vyznačují CL systémy:

- optimalizace hmotných toků,
- na realizaci se podílejí soukromé společnosti a orgány města v rámci úzké spolupráce,
- orientace na území celého města s důrazem na jeho centrum,
- je kladen důraz na ochranu životního prostředí, bezpečnost provozu a ekonomickou efektivitu,
- řízení procesů s počítačovou podporou,
- z CL není možné vyloučit osobní dopravu.

V užším smyslu je CL možné chápat jako obor zaměřený na optimalizaci logistických řetězců ve městě, tedy pouze nákladní dopravu. V širším slova smyslu je však CL často chápána jako systém opatření sloužící k optimalizaci všech dopravně-přepravních vztahů na území města. Z pohledu autora DP je však používání názvu CL v širším chápání nesprávné. V rámci diplomové práce tak jsou rozlišovány dva různé pojmy – chápání veškeré dopravy na území města je nazýváno jako **městská doprava** a řešení pouze nákladní dopravy je pak označováno jako **city logistika**, přičemž CL, jakožto systém řízení a plánování, je součástí městské dopravy.

1.2 Cíle city logistiky

Cíle v logistice obecně je možné rozlišovat na vnější a vnitřní. **Vnějším cílem** je myšleno uspokojování potřeb zákazníků, neboť zákazník je považován za nejdůležitější článek celého logistického řetězce. Toho je dosahováno např. zkracováním dodacích lhůt nebo zlepšováním spolehlivosti a úplnosti dodávek. V případě **vnitřních cílů** se jedná o snižování nákladů, které vznikají poskytovatelům logistických služeb, s ohledem na vnější cíle. Může se jednat o náklady na dopravu, držení zásob, ložné a skladové operace apod. V logistice se zastává názor, že vnější cíle by měly mít prioritu oproti cílům vnitřním. Klíčovou myšlenkou je aplikace tzv. 5S logistiky, tedy zajistit správnou položku, na správném místě, ve správném čase, ve správném stavu a za správné náklady. Tyto principy je možné aplikovat také do oblasti CL. (9)

V CL je ale nutné uvažovat i další požadavky, a to zejména ze strany orgánů města a obyvatel, kteří v něm žijí. Pro udržitelný rozvoj je z toho důvodu při optimalizaci městské dopravy potřeba zajistit čtyři principy:

- mobilitu,
- udržitelnost,
- vhodné prostředí k životu,
- řešení dopravy za mimořádných událostí. (8)

Tyto principy jsou provázané a jejich jednotlivé cíle a opatření pro realizaci se navzájem prolínají. **Mobilitou** se rozumí zajištění a udržení funkčního dopravního systému ve městě. Jedná se především o organizaci přeprav osob a zboží uvnitř města a ve spojení s vnějším okolím (satelitní obce, sousední města). Dále vhodným způsobem organizovat provoz na pozemních komunikacích a zajišťovat dostatečnou kapacitu pozemních komunikací a v neposlední řadě také provozování systému veřejné hromadné osobní dopravy. **Udržitelnost** si klade za cíl z dlouhodobého hlediska podporovat rozvoj města a řešit otázky ochrany životního prostředí (dále jen ŽP). Jedná se o snižování emisí výfukových plynů, hluku a vibrací plynoucích z provozu vozidel. Snahou je také dosáhnout efektivního dopravního systému, ve kterém je minimalizován počet jízd osobních a nákladních vozidel při obsluze města. Snahou také je podporovat výměnu zboží. Důležité je také vytvářet **vhodné prostředí k životu**. Úkolem je spolehlivě zásobovat obchody ve městě zbožím, umožnit volný pohyb osob po městě (individuální i veřejnou dopravou), zajistit bezpečnost a nerušený způsob života. Zároveň však nezatěžovat obytné části města provozem těžkých vozidel a minimalizovat negativní účinky z dopravy, jakými jsou emise, hluk, vibrace apod. Posledním principem je realizace

preventivních opatření, které pomohou řešit **dopravní situaci při mimořádných událostech**. Může se jednat např. o živelní mimořádné události (povodně, sněhové kalamity) nebo mimořádné události způsobené činností člověka (havárie v chemickém průmyslu, jaderné nebezpečí). Ve všech takovýchto případech je důležité zajistit spolehlivé zásobování obyvatel a schopnost jejich pohybu po městě, v krajních případech až evakuaci obyvatelstva. (8)

1.3 Subjekty v city logistice

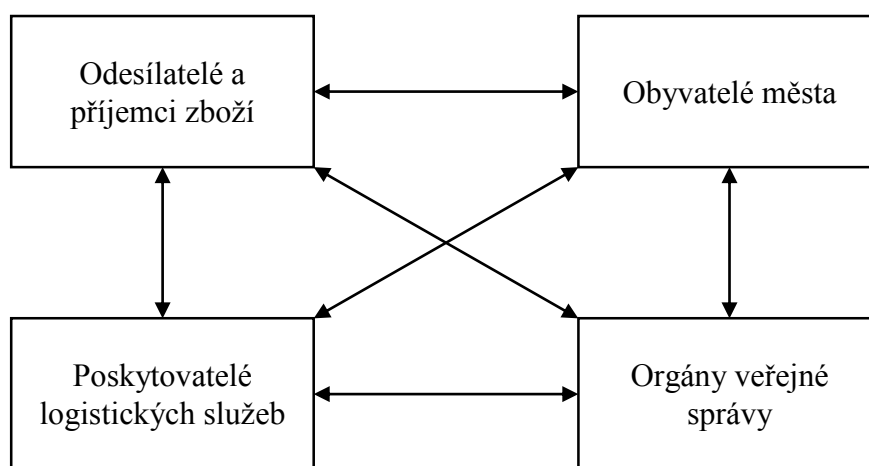
V CL je možné uvažovat několik typů subjektů, přičemž každý z nich má vlastní specifické požadavky. Jedná se o:

- poskytovatele logistických služeb,
- odesílatele a příjemce zboží,
- obyvatele města,
- veřejnou správu. (10)

V případě **poskytovatelů logistických služeb** se v CL jedná především o provozovatele dopravních prostředků (dopravce), kteří zabezpečují zásobování maloobchodů, firem a obyvatel zbožím. Zájmem dopravců je ekonomicky prosperovat, tj. minimalizovat náklady a maximalizovat své zisky. Na dopravce jsou však kladeny vysoké nároky, především co se týče požadavků na doručování zboží bez poškození, v požadovaném množství a bez zpoždění. Přizpůsobit se však musí aktuální dopravní situaci na dopravní síti. Tyto faktory mohou vést k neefektivnímu využívání vozového parku. Mezi poskytovatele logistických služeb mohou dále patřit např. provozovatelé logistických center nebo skladů. V případě **odesílatelů a příjemců zboží** se jedná se o výrobní podniky, velkoobchody, maloobchody, ale také obyvatele města. Jedná se o zákazníky poskytovatelů logistických služeb, kteří v některých případech mohou definovat požadavky, kterým se dopravci musí přizpůsobovat. **Obyvatelé města** jsou lidé, kteří ve městě žijí, pracují, nakupují a využívají veřejná prostranství. Jejich zájmem je zmírnění dopravního zatížení ve městě, snížení úrovně hluku, emisí škodlivých plynů a počtu dopravních nehod. Často se jedná o konečné zákazníky logistických řetězců a v konečném důsledku je CL systém realizovaný právě pro uspokojování jejich potřeb, tedy poptávky po zboží a po volném pohybu po městě. Mezi **orgány veřejné správy** patří především orgány státní správy a orgány města a krajů. Tyto subjekty mají podobné zájmy jako obyvatelé měst. Chtějí snížit znečištění ovzduší, kongesce, zvýšit bezpečnost dopravy apod. Na druhou stranu však mají zájem na ekonomickém rozvoji města, který je na dopravě přímo závislý. Z toho důvodu jsou motivováni k optimalizaci dopravního systému. Orgány veřejné správy by v systému CL měly být vůči ostatním subjektům neutrální a měly by hledat rovnováhu mezi

jejich požadavky. Z tohoto důvodu by se měly aktivně podílet na realizaci CL systému, iniciovat jeho realizaci a do určité míry mít významný vliv v jeho řízení. (10)

Na základě výše provedené deskripce je možné pozorovat určitý rozpor mezi některými požadavky jednotlivých subjektů. Maloobchody např. chtějí dodávat zboží v době jejich provozní doby, avšak obyvatelé města v tuto dobu chtějí využívat veřejná místa a dopravní síť města pro svou potřebu a nechtějí být při tom v konfliktu s nákladní dopravou. Pro řešení takovýchto rozporů je proto nutná těsná spolupráce všech subjektů při realizaci CL systému. K tomuto účelu je proto nutné vytvořit jednotný komunikační kanál mezi těmito subjekty. Tato myšlenka je znázorněna na obrázku 1.



Obrázek 1 Subjekty v city logistice

Zdroj: (10), úprava autor

1.4 Modely logistické obsluhy měst

Výchozím stavem distribuce zboží ve městech je zpravidla model tzv. **many-to-many**, neboli od mnohých k mnohým, známý také jako přímé zásobování. Tento model představuje nejméně vhodný stav, kdy jsou převážně všichni příjemci zboží uvnitř města obsluhováni samostatnými jízdami distribučních vozidel velkým počtem odesílatelů. Nedochozí zde k žádné formě spolupráce mezi jednotlivými subjekty a konsolidaci (sdružování) zásilek. Optimalizace jízd vozidel probíhá výhradně v rámci jednotlivých logistických řetězců. Při současném vývoji řízení zásob je možné sledovat trend nárůstu frekvencí dodávek při současném snižování velikosti zásilek. Tento fakt má za následek rostoucí počet závozu obsluženými vozidly (dále jen OV) a je tak s odkazem na cíle vytyčené v kapitole 1.2 možné konstatovat, že z dlouhodobého hlediska je model many-to-many v městském prostředí nevhodný.

Pro odstranění tohoto stavu byly v západoevropských státech postupně vyvinuty následující tři základní modely CL:

- německý model,
- nizozemský model,
- monacký model. (11), (12)

Německý model spočívá ve spolupráci poskytovatelů logistických služeb při zajišťování obsluhy města. Takováto spolupráce může např. spočívat ve zřízení soukromého městského distribučního centra (dále jen MDC) a konsolidaci zboží pro zajištění efektivního způsobu distribuce. Iniciativa vychází ze strany soukromého sektoru. V tomto modelu se orgány veřejné správy na systému CL podílejí jen nepřímou, a to např. formou dotací nebo poskytnutím pozemků pro výstavbu MDC. V **nizozemském modelu** musí dopravci zajišťující logistickou obsluhu města vlastnit licenci, která je k této službě opravňuje. Kritériem pro udělení licence může být např. požadavek na maximální využívání kapacity nákladového prostoru OV, omezený počet vjezdů do centra, ekologický požadavek na OV apod. Toto opatření nutí jednotlivé dopravce konsolidovat zásilky a v maximální míře vytěžovat OV, případně také vzájemně spolupracovat. Tím je redukován počet jízd OV do měst. Definování podmínek pro vydávání licencí je „v rukou“ orgánů veřejné správy. V případě **monackého modelu** je zřízeno MDC, které je ve vlastnictví města. Zboží vstupující do města je v tomto místě povinně překládáno z těžkých nákladních vozidel na vozidla vhodná pro městský provoz, kterými je následně proveden rozvoz po městě. Náklady na provoz jsou hrazeny městskou samosprávou. Diplomová práce je svým pojetím zaměřena převážně na tento model. (12)

1.5 Přínosy plynoucí ze zavedení city logistiky

Zavedením CL do měst je možné docílit mnoha pozitivních efektů. Vhodným směřováním a vytěžováním nákladních vozidel je např. možné snižovat počet jízd OV během distribuce, a tím příznivě působit na kapacitu pozemních komunikací. Díky tomu je dáno více prostoru individuální dopravě a veřejné hromadné dopravě. Snižování počtu jízd OV a celkové ujeté vzdálenosti navíc šetří provozní náklady dopravcům, snižuje spotřebu přírodních zdrojů energie pohonu vozidel, snižuje množství škodlivých plynů v ovzduší, hluk i riziko nehod a šetří také opotřebení pozemních komunikací. Efektivní řízení nákladní dopravy ve městě navíc urychluje oběh zboží, a tím podporuje hospodářský růst města, potažmo celého regionu.

To vše má pak pozitivní vliv na zvyšování životní úrovně a zdraví obyvatel, a proto je koncept CL možné označit za významný prvek trvale udržitelného rozvoje měst. Systémový přístup řízení CL navíc vede k jednodušší komunikaci mezi jednotlivými subjekty, rychlejšímu

a snadnějšímu zavádění nových technologií a odstraňování chyb. Při řízení CL na vyšším stupni organizace navíc přecházejí některé povinnosti dopravců a zákazníků na řídicí subjekt takového organizátora, a tím se pro ně takovýto systém stává atraktivnější.

1.6 Možné problémy při zavádění city logistiky

Zavedením některých technologií CL (uvedených v kapitole 2) do prostředí konkrétního území však může dojít ke vzniku některých problémů, které do určité míry znehodnocují takto vytvořený systém. V této kapitole jsou uvedeny některé problémy, které se objevily po zavedení CL ve světě.

Problém může představovat určitá pasivita příjemců zboží (prodejny nebo koneční zákazníci) při spolupráci na systému CL. Dá se předpokládat, že tyto subjekty se nechtějí na realizaci CL systému přímo podílet, neboť se pokládají za zákazníky dodavatelů a dopravců a vyžadují tedy od nich kvalitní služby při doručení zboží, a to za všech okolností. Jsou obecně navyklí, že nejsou-li s těmito službami spokojeni, mohou snadno přejít ke konkurenci. Sami se chtějí orientovat pouze na vlastní činnost podnikání a spolupráce na systému CL pro ně může být pouze „plýtvání zdroji“. Tito zákazníci se navíc často musí přizpůsobovat potřebám systému CL (čas doručení). Z těchto důvodů tak nejsou motivováni ke spolupráci. Další problém ve městech může představovat fakt, že někteří zákazníci jsou navzájem geograficky nevhodně umístěni a optimalizace rozvozních tras proto není příliš efektivní. Jako další problém se jeví omezená provozní doba některých prodejen, kdy převzetí distribuovaného zboží v čase mimo tuto provozní dobu je velmi komplikované. Typicky např. při užití technologie nočního zásobování ve večerních hodinách. V některých městech (především v historických centrech) může být také problémové stání pro zásobovací vozidla maloobchodu v uličních prostorách při vykládce zboží (úzké ulice a překážející zaparkovaná auta). Omezený prostor a často také nevhodná infrastruktura navíc snižuje uplatnění pokročilé manipulační techniky. (6)

Zavádění systému CL do praxe mohou bránit také poměrně vysoké investiční náklady. Typicky v případě vybudování MDC a nákupu jeho vybavení nebo nákupu ekologických a vhodně technicky řešených OV. Vybudování logistických center by navíc měla předcházet studie, která celý proces dále časově prodlužuje a prodražuje. Provozní náklady CL systémů je navíc často nutné hradit z veřejných zdrojů. Z těchto důvodů budoucí CL systémy pravděpodobně nevzniknou najednou v celém jejich plánovaném rozsahu, ale budou se postupně vyvíjet od nižších forem k vyšším. (2)

Užití technologie JIT na úrovni města může mít za následek, že dopravci jsou dnes nuceni vypravovat větší počet méně vytěžovaných vozidel. Z pohledu CL je tento stav naprosto

nežádoucí, neboť smyslem je naopak vytěžovat vozidla na jejich maximální kapacitu a redukovat tak počet jízd po městě. (8)

Dalším problémem může představovat fakt, že z nutných a nemalých vstupních finančních prostředků pro zavedení CL navíc neplynou přímé zisky. Přínosy CL nemusí být na první pohled přímo viditelné, neboť zlepšení dopravní situace na pozemních komunikacích a zlepšení ŽP je obecně velmi subjektivně vnímané. Z toho důvodu může chybět motivace pro realizaci CL. Navíc bez podpory veřejných rozpočtů, nebo bez administrativních nařízení jsou vhodná dopravní opatření často těžko aplikovatelná. V některých případech je potřebné vybudovat novou infrastrukturu pro zajištění vhodného technologického řešení, ovšem prostředí měst již nenabízí volné kapacity pro takovou stavbu nebo jsou v rozporu s principy udržitelného rozvoje. Může se jednat o potřebu vybudovat nové MDC nebo rozšířit některé vybrané pozemní komunikace.

2 TECHNOLOGIE CITY LOGISTIKY

Každý systém CL je možné rozdělit na dva navzájem propojené dopravní systémy (dále jen DS):

- vnitřní DS,
- vnější DS. (4)

Ve **vnitřním DS** je zajišťována přeprava zboží uvnitř města. Jedná se tedy o svoz zásilek od místních odesílatelů zboží a rozvoz zásilek místním příjemcům zboží. K tomuto účelu se využívají především silniční OV s menší kapacitou (s nejvyšší povolenou hmotností do 7 tun) pro jejich flexibilitu a schopnost přeprav „z domu do domu“ v městském prostředí. V omezené míře však mohou být využity i jiné druhy dopravy. Ve **vnějším DS** probíhá přeprava zboží mezi vnitřním dopravním systémem a odesílateli a příjemci zboží ležící mimo město. Je tak zde kromě silniční dopravy více možností pro využití i jiných druhů dopravy, v případě České republiky pak má velký potenciál využití především doprava železniční. (4)

V obou DS jsou uplatňovány různé CL technologie. Logistická teorie zná celou řadu technologií používaných ve vnitřním DS, které však jen výjimečně bývají aplikovány všechny najednou. Většinou se jedná o kombinaci několika technologií, které nejlépe vyhovují podmínkám daného města. V obecném pojetí se jedná o:

- městské distribuční centrum,
- optimalizaci OV,
- organizaci dopravy na pozemních komunikacích,
- nekonvenční způsoby distribuce zboží.

Kromě těchto technologií je možné představit i takové, které slouží k zabezpečení pohybu zboží v rámci celého dodavatelského řetězce, tedy ve vnitřním i vnějším DS současně. Kromě konvenčních způsobů přepravy (zavážení MDC přímými dodávkami) se jedná především o technologii Hub and Spoke, kombinovanou přepravu a některé nové progresivní technologie v CL.

Pro CL je možné využít mnoho dalších logistických technologií, které jsou využívány v jiných logistických oblastech. Mezi ty běžně používané je možné zařadit tvorbu manipulačních skupin, unifikaci technických prostředků a informační a komunikační systémy s elektronickou výměnou dat a automatickou identifikací. Tyto technologie zásadním způsobem napomáhají k efektivnímu provozu logistických systémů. Z důvodu omezeného prostoru nejsou tyto technologie v diplomové práci blíže představeny.

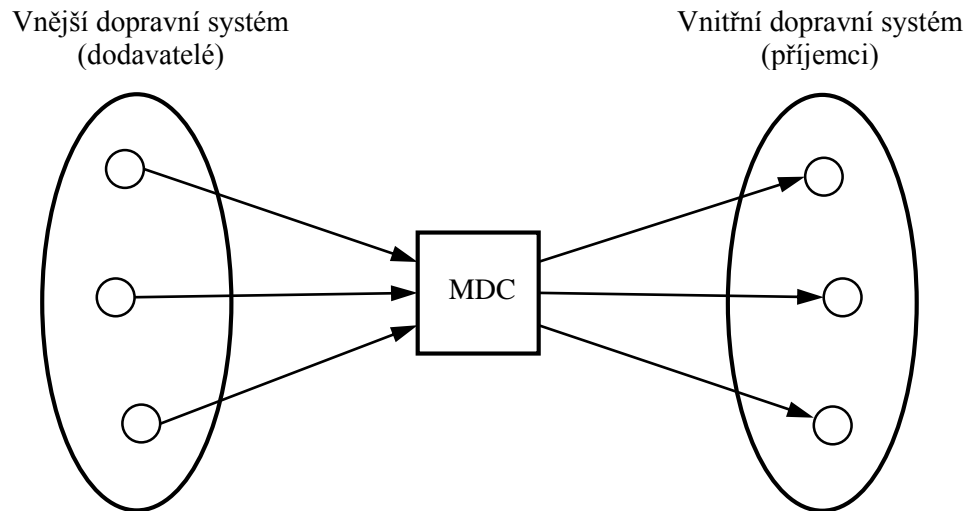
2.1 Městské distribuční centrum

V zásadě se jedná o druh logistického centra, které je koncipované pro logistickou obsluhu vnitřního DS spojením s vnějším DS. Logistické centrum je možné obecně definovat jako centrální článek logistického řetězce, ve kterém jsou poskytovány potřebné logistické činnosti v nezbytném rozsahu. Smyslem MDC v CL je zajišťovat tzv. cross-docking. V této technologii je zboží došlé od dodavatelů ve vnějším DS v MDC dekonsolidováno, rozříděno a následně rozvezeno jednotlivým příjemcům ve vnitřním DS. Princip MDC jakožto cross-dockového centra je znázorněn na obrázku 2. Důraz je zde kladen na rychlé a přesné rozřídění zboží mezi dopravními prostředky vnějšího a vnitřního DS. Zboží by tak v MDC nemělo být dlouhodobě skladováno, spíše by měl být kladen důraz na jeho rychlou expedici. Mezi hlavní činnosti prováděné v MDC patří:

- vykládka a příjem zboží,
- konsolidace a dekonsolidace zásilek,
- třídění zboží,
- expedice a nakládka zboží,
- rozvoz zboží.

Cílem zavedení MDC do systému CL je, aby těžká nákladní vozidla určená pro přepravu zboží ve vnějším DS nezajížděla do města a nezatěžovala zde dopravní infrastrukturu a ŽP. Rozvoz zboží v rámci města je realizován prostřednictvím vozidel určených pro městský provoz (viz kapitola 2.2). Namísto několika samostatných jízd vozidel od každého dodavatele přímo k cílovým zákazníkům tak probíhá pouze svoz zboží do MDC a následná distribuce minimálním počtem jízd z MDC k jednotlivým příjemcům zboží. U pravidelně přepravovaného zboží technologií milk run, tedy v pravidelných intervalech a v přesně definovaných časových oknech. V případě potřeby může v MDC také probíhat tvorba přepravních jednotek.

Hlavní výhodou zavedení MDC je především snížení počtu jízd nákladních vozidel ve městě, maximální vytěžení OV určených pro distribuci ve městě, zvýšení spolehlivosti distribuce zboží a snížení externích nákladů z dopravy. Tyto výhody však nemusí z finančního hlediska vyrovnat vysoké investiční a provozní náklady. V takovém případě jsou nutné dotace ze strany orgánů veřejné správy, které by na provozu MDC měly mít hlavní zájem. Nevýhodou technologie MDC představuje také vložení dalšího článku do logistického řetězce, což celý logistický proces z technologického hlediska komplikuje a prodlužuje dodací lhůty. Dochází zde totiž k dodatečným manipulacím se zbožím a náročnější práci s informacemi. (13)



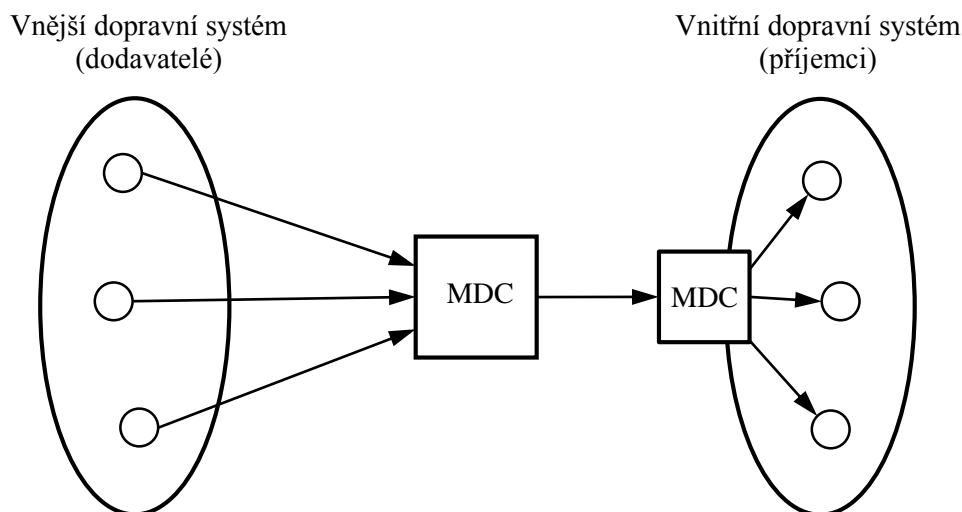
Obrázek 2 Cross-docking v city logistice

Zdroj: autor

2.1.1 Členění městských distribučních center

Prvním typem MDC jsou tzv. **brány prvního sledu**, známé také jako vstupní brány nebo gateways. Jedná se o logistická centra, která jsou vybavena vhodným technickým vybavením k třídění zásilek zboží došlých z vnějšího DS a jejich následnému rozvozu příjemcům ve vnitřním DS. Jedná se tak o „klasické“ využití technologie cross-dockingu. Takovéto MDC se většinou nachází na hranicích jádrového města. (11), (14)

Rozšířením technologie bran prvního sledu je směřování konsolidovaných zásilek z těchto MDC do MDC druhého stupně, kterými jsou tzv. **brány druhého sledu**, nebo také tranzitní terminály. Tato MDC se nacházející v těsné blízkosti obsluhovaných zákazníků uvnitř města a propojeny s vnějším DS jsou přes brány prvního sledu. Jedná se o MDC, která jsou uzpůsobena k finální distribuci zboží na velmi krátkou vzdálenost a často s pomocí nemotorových dopravních a manipulačních prostředků. Nároky na vybavení jsou tak obvykle menší. Důvody pro zřízení tranzitních terminálů mohou být např. dopravní omezení nebo vysoký počet zákazníků v cílové obsluhované oblasti. Princip dvoustupňové technologie je znázorněn na obrázku 3. Brány druhého sledu jsou obvykle používány pro obsluhu malého území uvnitř města, kdy příjemci zboží ležící mimo toto území jsou obsluhováni prostřednictvím bran prvního sledu. (11), (14)



Obrázek 3 Technologie vstupní brány a tranzitního terminálu

Zdroj: autor

2.1.2 Projektování městských distribučních center

Při návrhu stavebního řešení, vnitřního prostorového uspořádání, vybavení a technologie procesů logistických center obecně je potřeba zvážit především:

- množství manipulovaných zásilek,
- počet a frekvenci zpracovaných cílových a vypravovaných vozidel,
- výhled vývoje přepravy zásilek v dané oblasti,
- charakter pozemku a jeho napojení na dopravní síť,
- velikost vloženého kapitálu. (15)

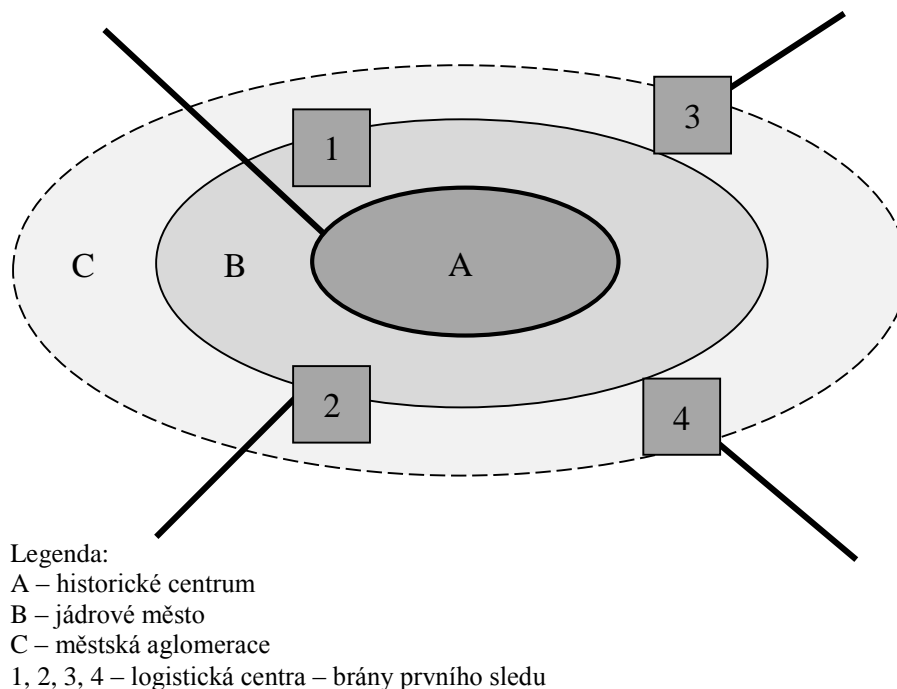
Uvedený výčet je dále možné doplnit o nutnost respektovat:

- typy přepravních jednotek (užívané přepravní prostředky a balení),
- způsoby manipulace a třídění přepravních jednotek,
- velikost vozového parku a typ vozidel,
- rezervu v kapacitách pro eventuelní budoucí rozšíření systému CL.

V některých větších MDC mohou být nabízeny i doplňkové služby pro podporu zásobování. Může se jednat např. o čerpání pohonných hmot, pneuservisy, čištění vozidel, celní služby, nebo např. skladování zboží.

V případě potřeby může být bran prvního sledu na hranicích jádrového města realizováno i větší množství, jak dokládá obrázek 4. V mnoha případech je tento stav dokonce nezbytný, protože toky zboží plynoucí do města mohou „přicházet ze všech stran“ a směřovat toky umístěné na opačné straně města pouze do jedné vstupní brány by mohlo být neefektivní.

V takovém případě je třeba vytvořit spojení mezi jednotlivými branami pro výměnu zboží, aby každá vstupní brána mohla obsluhovat svůj vlastní atrakční obvod příjemců. Počet bran prvního sledu by tak obecně měl odpovídat počtu hlavních silničních přivaděčů zbožových proudů do města. (14)



Obrázek 4 Příklad rozmístění vstupních bran

Zdroj: (14)

2.1.3 Lokace městského distribučního centra

Klíčová v systému CL je vhodná poloha MDC, ze které je zajištěna snadná obsluha příjemců. Ve městě je možné nalézt konečnou množinu možných umístění MDC. Pro určení této množiny je třeba provést analýzu území městské aglomerace, kdy je především třeba zvážit možnost využití nepoužívaných zastavěných ploch (tzv. brownfieldů), již existujících logistických center nebo nevyužívaných ploch firem. Teprve jako poslední možnost by mělo být přistoupeno k výstavbě MDC na nezastavěném pozemku. Mezi kritéria lokace MDC patří:

- umístění nejlépe na hranici jádrového města a aglomerace,
- umístění v bezprostřední blízkosti významných přivaděčů dopravních proudů do města a je-li to účelné, tak i na průsečíku více druhů dopravy,
- umístění na odlehlejších místě mimo městskou zástavbu určenou k životu obyvatel,

- místo s dobrým spojením s obsluhovanou oblastí a ostatními branami prvního sledu. (14)

Především užití veřejných logistických center (dále jen VLC) pro zásobování měst se jeví jako velmi výhodné. Podle (16) by se totiž na výstavbě i provozu VLC měl podílet veřejný i soukromý sektor, čímž je splněn důležitý požadavek na úzkou spolupráci obou těchto sektorů v CL (viz kapitola 1.3). Síť VLC realizovaná na území České republiky by navíc umožnila lehčí zavedení propojení jednotlivých systémů CL v jednotlivých městech (viz kapitola 2.5). Výhodou takového řešení je navíc možnost využití železniční dopravy, jejíž zaústění do VLC je jedním z důležitých požadavků.

Z množiny možných umístění je výslednou polohu MDC možné určit pomocí metod **vícekritériálního rozhodování**. Jako podpůrná metoda může být použita např. **SWOT analýza**, která hodnotí silné a slabé stránky daného umístění z hlediska vnitřního fungování systému a dále příležitosti a hrozby, které mohou na CL systém působit z vnějšího okolí. Jinou možností je využití matematického aparátu **metod diskrétní lokace**. Příkladem je např. úloha warehouse location problem, která z dané množiny možných umístění středisek obsluhy (MDC) a množiny zákazníků vybírá nákladově nejvýhodnější počet a umístění středisek obsluhy a jejich atrakční obvody. Je však mít vždy na paměti, že tyto metody slouží pouze k podpoře rozhodování a jejich výsledky je vždy nutné ještě podrobit zkoumání týmu odborníků, zda daná varianta je skutečně tou nejlepší možnou variantou. Při lokaci MDC je navíc třeba brát ohled na případné budoucí rozšiřování celého systému nebo případně změny ve směrování toků zboží do města. (11)

Existuje několik metod pro řešení vícekritériálního rozhodování. Pro potřeby diplomové práce je uvedena často používaná **metoda váženého součtu** – Weighted Sum Approach (dále jen WSA). Jako vstup pro tuto metodu je nejprve nutné definovat množinu rozhodovacích variant $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m\}$ a množinu kritérií $F = \{f_1, f_2, \dots, f_j, \dots, f_n\}$, podle kterých jsou varianty hodnoceny. Definování těchto množin umožňuje vytvořit kritériální matici Y ve tvaru:

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \cdots & f_n \\ a_1 & y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ a_2 & y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_m & y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{matrix}.$$

Tuto kritériální matici Y je třeba upravit tak, aby obsahovala pouze nedominované varianty. Nedominovaná varianta je taková varianta, ke které neexistuje jiná varianta, která je lépe hodnocená alespoň podle jednoho kritéria a ne hůře podle ostatních kritérií. Jednotlivá kritéria

mohou být maximalizačního nebo minimalizačního typu, pro další krok výpočtu metody WSA je však potřeba všechny minimalizační kritéria transformovat na maximalizační. Hodnotu každé varianty takového kritéria je tak třeba odečíst od maximální hodnoty jednotlivých variant tohoto kritéria. V dalším kroku je potřeba určit tzv. ideální a bazální variantu. Ideální varianta H je v každém kritériu tvořena nejlepší (maximální) hodnotou ze všech variant z množiny A . Bazální varianta D je potom tvořena nejhorší (minimální) hodnotou ze všech variant z množiny A pro každé kritérium. Po tomto kroku je kritériální matici Y možné transformovat na normalizovanou kritériální matici R pomocí vztahu (1). (11)

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad [-] \quad (1)$$

kde: r_{ij} normalizovaná hodnota i -té varianty pro j -té kritérium [-],
 y_{ij} hodnoty i -té varianty a j -tého kritéria matice Y [-],
 H_j hodnota j -tého kritéria ideální varianty [-],
 D_j hodnota j -tého kritéria bazální varianty [-].

Pro další výpočet je třeba znát důležitost jednotlivých kritérií v_j . Tyto váhy jsou vyjádřeny v procentech a platí, že čím je váha vyšší, tím je dané kritérium důležitější. Tyto váhy je možné stanovit kvalifikovaným odhadem nebo některou z metod odhadu vah. Z normalizované kritériální matice R je potom pomocí váženého součtu možné vypočítat celkový užitek hodnocených variant podle vzorce (2). Jako nejlepší varianta je vybrána ta, která dosáhne největší hodnoty celkového užitku. (11)

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j \cdot r_{ij} \quad [-] \quad (2)$$

kde: $u(a_i)$ celkový užitek i -té varianty [-],
 r_{ij} normalizovaná hodnota i -té varianty pro j -té kritérium [-],
 v_j váha j -tého kritéria [-].

2.2 Vozidla pro logistickou obsluhu měst

Na vozidla zajišťující přepravu zboží ve vnitřním dopravním systému jsou kladeny specifické požadavky na jejich konstrukci a ekonomiku provozu, které musí odpovídat jejich nasazení v městském prostředí. Při volbě vhodného vozidla je tak třeba uvažovat:

- druh používaného pohonu nebo paliva,
- konstrukci vozidel,
- možnosti optimalizace využívání vozidel.

2.2.1 Alternativní pohony a paliva

Druh použitého pohonu nebo paliva ve vozidlech významnou měrou ovlivňuje produkci emisí a hluku a provozní náklady vozidla. Z hlediska ŽP jsou spalovací motory poháněné konvenčními palivy (benzínem a naftou) pro provoz ve městech nevyhovující. Z oblasti alternativních pohonů je pro obsluhu v CL možné zvolit:

- elektrická vozidla s bateriemi,
- elektrická vozidla s palivovými články,
- hybridní pohony. (17)

Mezi alternativní paliva je pak možné zařadit:

- stlačený zemní plyn (CNG),
- zkapalněný zemní plyn (LNG),
- zkapalněný ropný plyn (LPG),
- bioplyn,
- vodík,
- biopaliva. (17)

Princip přeměny vnitřní energie alternativních paliv na energii pohybovou je stejný jako u konvenčních paliv, tedy spalováním v pracovním prostoru motoru. Užití těchto paliv je tak zpravidla možné i po přestavbě motorů na konvenční paliva. Vozidla poháněná alternativními pohony je nutno dodat již z výroby. Využití těchto pohonů a paliv však sebou většinou nese nutnost vystavět novou infrastrukturu ve formě čerpacích nebo dobíjecích stanic a často vyšší pořizovací náklady. Podrobnější popis výhod a nevýhod jednotlivých alternativních pohonů a paliv je uveden v příloze A.

Je však nutné podotknout, že také užitím nových generací vznětových a zážehových motorů, při užití konvenčních typů paliv, je možné dosáhnout snížení produkce emisí v rámci plnění současných emisních norem. To je dáno především vznikem nových technologií, mezi

keré je možné zařadit katalyzátor výfukových plynů, systém recirkulace výfukových plynů, systém selektivní katalytické redukce, filtry pevných částic nebo např. start-stop systém, který automaticky vypíná běh motoru v době, kdy není zapotřebí, a snižuje tak spotřebu paliva.

2.2.2 Konstrukce vozidel

V CL je obecně možné použít vozidla konvenční konstrukce, která jsou vyráběná sériově, nebo vozidla nekonvenční konstrukce, která jsou vyrobena „na míru“ pro potřeby CL. V obou případech je však kladen požadavek na dobrou ergonomii vozidla. Ta spočívá ve snadném přístupu posádky do kabiny a nákladového prostoru a usnadňuje tak časté vystupování a nastupování pracovníků a manipulaci se zbožím. Jedná se např. o nízko položenou kabinu a hranu nákladového prostoru a přístup v celé délce ložného prostoru ze všech stran. Pro provoz v úzkých ulicích a mezi parkujícími vozidly je také důležitá dobrá ovladatelnost a manévrovatelnost, tzn. především malý poloměr otáčení a malé rozměry vozidla. V závislosti na způsobu manipulace se zbožím může být rovněž vybaveno odpovídajícím typem mechanizačního zařízení.

2.2.3 Optimalizace využívání vozidel

V rámci optimalizace využívání vozidel v CL dochází k řešení v zásadě dvou problémů:

- sestavování tras,
- optimalizaci využití ložného prostoru.

Trasy OV při distribuci je třeba sestavovat s cílem minimalizovat jízdní výkon (celkem ujeté kilometry). Asi největší možnosti tvorby úspor z provozu vozidla v CL nabízí problematika sestavování **okružních jízd**. Pro řešení této úlohy je v základním tvaru třeba znát množinu MDC a zákazníků a vzdálenosti mezi těmito objekty. Tímto je vymezena matice vzdáleností, která je základním vstupem k řešení této úlohy. Dále musí existovat předpoklad, že dopravce disponuje dostatečným počtem OV s jednotnou kapacitou. Každé vozidlo tak při obsluze vyjíždí z MDC a po obsluze jednoho nebo většího počtu zákazníků (dle velikosti jejich požadavků) se vrací zpět. Cílem řešení je vytvořit plán rozvozu zboží s minimálním jízdním výkonem. Existuje mnoho modifikací této základní varianty, např. s využitím vozidel o různých kapacitách, s obsluhou zákazníků v definovaných časových oknech nebo např. s obsluhou z většího počtu MDC. Sestavování tras okružních jízd je výpočetně velmi náročný proces (jedná se o NP-těžkou úlohu), jehož obtížnost řešení se zvyšuje s rostoucím počtem obsluhovaných zákazníků. K sestavování okružních jízd s malým počtem zákazníků je možné využít např. Clark-Wrightův algoritmus. Vzhledem k faktu, že okružní jízdy je třeba sestavovat

pro každý jednotlivý den obsluhy v závislosti na aktuálních přepravních požadavcích příjemců zboží, je vhodné pro samotný výpočet využívat specializovaný software. (18)

Ložný prostor vozidel je v případě kusového zboží třeba optimalizovat s ohledem na omezení v podobě nosnosti daného vozidla a velikosti ložné plochy. Pro podporu této optimalizace je možné využít řadu softwarových aplikací, které na základě definovaných vstupních hodnot o přepravních jednotkách a rozměrových dispozicích a hmotnostních omezeních nákladového prostoru určí plán nakládky. Příkladem takového softwarového řešení je např. Easy Cargo. (19)

2.2.4 Výběr vozidel

Na základě relevantních kritérií je možné ze stanovené množiny možných vozidel pomocí metody WSA (popsané v kapitole 2.1.3) určit nejvhodnější typ vozidel pro logistickou obsluhu ve městě. Množina možných vozidel je vytvořena analýzou nabídek výrobců těchto vozidel. Mezi hodnotící kritéria je možné zařadit:

- cenu vozidla,
- kapacitu nákladového prostoru,
- technické řešení nákladového prostoru,
- spotřebu pohonných hmot,
- výbavu kabiny,
- hlučnost,
- dojezd,
- míru znečištění ovzduší.

2.3 Organizace dopravy na pozemních komunikacích

Vhodně zvolená opatření pro organizaci pohybu dopravních prostředků na pozemních komunikacích ve městě jsou významným nástrojem, pomocí kterého je možné regulovat intenzitu dopravních proudů. Tato opatření by však měla být součástí širšího pohledu na městskou dopravu, tzn., že by měly zahrnovat veškerou dopravu. Jedná se o opatření, která je třeba vždy důkladně promýšlet a citlivě aplikovat, aby nevyvolaly jiné negativní efekty. V CL je pro podporu zásobování možné využít:

- regulaci vjezdů nákladních vozidel,
- vyhrazená parkovací stání,
- vyhrazené jízdní pruhy,
- zpoplatnění dopravní infrastruktury.

2.3.1 Regulace vjezdů nákladních vozidel

Při užití tohoto opatření je do definované oblasti omezen svévolný vjezd OV. Vjezd je povolen teprve při splnění stanovených podmínek. Jako oblasti, do kterých je vjezd omezen, mohou být stanoveny např. historická centra měst, nákupní zóny apod. Podle typu omezení vjezdu může toto opatření mít několik forem:

- úplné zakázání vjezdu zásobovacích motorových vozidel,
- povolení vjezdu pouze v určitou část dne (časová okna),
- povolení vjezdu pro ekologická vozidla (podle emisní normy EURO),
- povolení vjezdu pro dostatečně vytěžovaná vozidla,
- povolení vjezdu pro vozidla nepřesahující stanovenou hmotnost. (13)

Možné jsou i různé kombinace těchto forem, kdy je jako příklad možné uvést např. zóna 3,5 t pro období dne 8 – 18 hodin. Těmito opatřeními je možné omezovat dopravce, kteří se nepodílejí na obsluze zákazníků v systému CL a jedná se tak o jistou formu preference OV zařazených do systému CL. Zvláštním formou opatření je **noční zásobování**, které spočívá v oddělení nákladní dopravy od osobní dopravy přesunutím jejího provozu do nočních hodin. Tím se napomáhá snížit intenzitu provozu na pozemních komunikacích během dne. Distribuce v nočních hodinách probíhá za lepší dopravní situace a oběhy vozidel jsou tak rychlejší. Problémy však mohou představovat přísnější hlukové limity v nočních hodinách v souvislosti s provozem nákladních vozidel. Další problémy mohou představovat vyšší mzdové ohodnocení za práci v noci nebo např. omezené možnosti příjmu zboží u zákazníků v nočních hodinách. (13)

2.3.2 Vyhrazená parkovací stání

V blízkosti příjemců zboží na rušných ulicích je možné zřídit vyhrazená parkovací stání pro OV, která usnadní zastavení těchto vozidel během rozvozu zboží a tím výrazně urychlí celý proces distribuce. Na těchto plochách je zakázáno stání vozidel individuální automobilové dopravy a OV dopravců nezařazených do systému CL. (13)

2.3.3 Vyhrazené jízdní pruhy

Vozidlům určeným pro distribuci zboží ve městě je možné povolit využívat jízdní pruhy vyhrazené pro vozidla veřejné hromadné dopravy. To jim umožňuje snadnější pohyb po městě bez výrazných zdržení způsobené vysokou intenzitou dopravních proudů. Jinou možností je povolení vjezdu OV do pěších zón. Těmito opatřeními je zajištěna určitá preference vozidel zařazených do logistické obsluhy v CL vůči OV do systému nezařazených. (13)

2.3.4 Zpoplatnění dopravní infrastruktury

Zpoplatnění dopravní infrastruktury je dalším nástrojem regulace dopravy ve městech, který navíc výběrem poplatků slouží k zabezpečení obnovy technického stavu dopravní infrastruktury, určité internalizaci externích nákladů a možné podpoře veřejné hromadné dopravy osob a systému CL. Kromě vozidel individuální automobilové dopravy je možné zpoplatnit také jízdu OV nezařazených do systému CL. Zpoplatnit lze vybrané úseky pozemních komunikací, parkovací místa, vjezdy do vybraných městských částí a tunelů nebo např. průjezd mostů. K tomu existují různé technologie výběru poplatků, jako např. mikrovlnná, satelitní, popř. snímání registračních značek vozidel pomocí kamer. (13)

2.4 Nekonvenční způsoby distribuce zboží

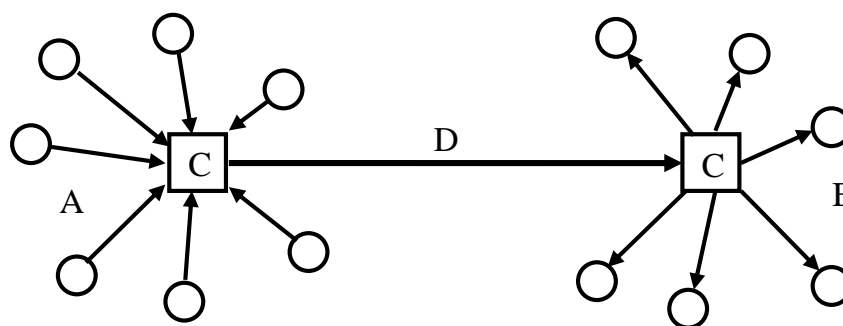
V současné době pro rozvoz zboží ve městech dominuje motorová silniční doprava, avšak v některých případech je možné využít i jiné druhy dopravy nebo systémy distribuce zboží, které je v podmínkách daného města vhodné realizovat. Na nepřilíhově rozsáhlém území je např. možné zavést distribuci zboží pomocí běžných nebo nákladních jízdních kol (tzv. **cargobike**). Jedná se o levnou a rychlou službu, která je avšak vhodná pouze pro malé zásilky. Jinou formu zásobování mohou představovat tzv. **nákladní tramvaje**. Možnosti užití se však omezují v podstatě pouze na města s dostatečnou hustotou tramvajových tratí a jejich dostatečnou kapacitou, neboť nákladní tramvaje by neměly být upřednostňovány před tramvajemi osobními. Velké možnosti využití tak jsou převážně v nočních hodinách. Výhodou tramvajů je jejich poměrně velká ložná kapacita. Ve městech s vyhovujícím stavem vodních toků je dále možné distribuci zboží provádět také prostřednictvím **nákladních lodí**. (13)

S rozvojem e-commerce stále více roste význam rozvozu balíkových zásilek. Zboží je v tomto případě dodáváno konečným zákazníkům „do domu“, může být tedy dodáno na libovolnou adresu, kterou zákazník uvede. Jedná se o časově a prostorově nepravidelné směřování zásilek s omezenou možností predikce objemu přepravy. Tuto službu poskytují především soukromí dopravci s využitím vlastních distribučních center a OV. K třídění tohoto typu zboží však může být využito také MDC, kdy finálnímu doručování mohou být použity environmentálně šetrná vozidla. Kromě doručování zásilek přímo cílovým zákazníkům mohou být využity i alternativní způsoby doručení, jako např. doručování prostřednictvím tzv. balíkomatů (poštomatů). Jedná se o automatické stanice bez obsluhy umístěvané na snadno dostupných místech ve městě, např. u obchodních center, v centrech města apod. Poté, kdy zákazník obdržení od dopravce informaci, že je zásilka umístěna v balíkomatu, si tento

zákazník kdykoliv ve svém volném čase zásilku vyzvedne. Tím je možné snižovat celkovou ujetou vzdálenost OV při distribuci zboží. (13)

2.5 Hub and Spoke

Technologie Hub and Spoke se jeví jako efektivní způsob propojení systémů CL realizovaných v několika městech a případně i s dalšími subjekty podílející se na zásobování těchto měst (výrobní firmy, dodavatelé). V této technologii dochází ke sdružování většího počtu menších zásilek směřujících od různých dodavatelů v tzv. hubu (MDC, VLC), odkud jsou tyto zásilky společně přepraveny kapacitními dopravními prostředky do jiného hubu. Zde jsou poté jednotlivé zásilky rozděleny a přepraveny příjemcům zboží. Pro počáteční svoz a finální rozvoz (vnitřní DS) jsou zpravidla využívána silniční vozidla, pro přepravu mezi huby (vnější DS) pak v podmínkách České republiky mohou být využity především silniční nebo železniční dopravní prostředky. Princip technologie Hub and Spoke je znázorněn na obrázku 5. (9)



Legenda:
A – odesílatelé zásilek
B – příjemci zásilek
C – místo sdružování nebo rozdělování zásilek (MDC)
D – rozhodující přepravní vzdálenost sdružené zásilky

Obrázek 5 Technologie Hub and Spoke

Zdroj: (9), úprava autor

Mezi výhody technologie Hub & Spoke patří nižší náklady na přepravu, snížení počtu jízd vozidel mezi odběrateli a příjemci zboží a s tím související environmentální šetrnost. Nevýhodou je naopak vyšší investiční náročnost. Technologie Hub and Spoke je proto vhodná pro dlouhodobé a pravidelně se opakující přepravy. Při této technologii jsou toky zboží uvažovány v obou směrech, tedy jak toky směřující z vnějšího dopravního systému do vnitřního dopravního systému, tak i opačně. (9)

2.6 Progresivní technologie v city logistice

Jednou z nových technologií, které zjednodušují propojení vnitřního a vnějšího DS, je využití výměnných nástaveb speciálně upravených pro potřeby CL. Nákladní vozidla přepravující zboží ve vnějším DS jsou schopny nést několik výměnných nástaveb a na hranicích jádrového města je odstavit na zvolené ploše. Na tomto místě pak vozidla určená pro rozvoz ve městě s kapacitou pro jednu až dvě výměnné nástavby převezmou podle svého obsluhovaného atrakčního obvodu příslušnou výměnnou nástavbu a obslouží jí své zákazníky. Tato technologie zcela eliminuje manipulaci se samotným zbožím při vstupu do města a nevyžaduje tak zřízení MDC, ale pouze zřízení odstavných ploch pro výměnné nástavby. Tyto výměnné nástavby však musí být naloženy zbožím pro zákazníky v daném atrakčním obvodu již ve vnějším DS. (11)

3 METODIKA ZAVEDENÍ CITY LOGISTIKY

Aplikace principů CL v České republice v širším systémovém pojetí nebyla dosud realizována. Jednotlivá dílčí opatření se omezují v podstatě pouze na omezování provozu OV v městských centrech (časová okna, hmotností a emisní omezení). Většina logistických center v okolí velkých měst provozována dopravními společnostmi neposkytuje žádnou formu spolupráce a opatření z hlediska konsolidace zboží pro využití v CL. Jisté zlepšení by v tomto ohledu mohlo představovat zprovoznění sítě VLC v blízkosti velkých měst na území celé České republiky, kdy by tato centra mohla plnit funkci vstupních bran pro logistickou obsluhu měst. V současné době se však v dostatečné míře nepodnikají žádné kroky k jejich realizaci.

Cílová podoba systému CL s využitím vhodných technologií záleží na dopravně-přepravních, prostorových a ekonomických podmínkách v daném městě a z toho důvodu je možné každý systém CL považovat za jedinečný. Univerzální metodika zavádění CL proto musí být pojatá velmi obecně, avšak takovým způsobem, aby vedla k vytvoření efektivního a plně funkčního logistického systému. Smyslem této kapitoly je definovat základní principy a obecný postup tvorby systému CL do prostředí libovolného města v České republice.

3.1 Předpoklady metodiky

Základním předpokladem navržené metodiky je orientace výhradně na **vnitřní DS**. Projektování vnitřního a vnějšího DS dohromady by totiž vyžadovalo řízení zbožových toků v rámci velkého množství různých dodavatelských řetězců na území státu i mimo něj. Dalším předpokladem je realizace zásobování výhradně pomocí **silniční dopravy**. V reálných aplikacích je v některých případech možné využít i dalších druhů dopravy nebo nekonvenční způsoby distribuce, ovšem tyto možnosti jsou velmi závislé na místních podmínkách v daném městě. Je možné předpokládat, že ve většině případů bude klíčovou úlohu v distribuci zboží ve městech mít především silniční doprava. V metodice je dále pro organizaci toku zboží uvažováno využití **MDC** jakožto centrálního prvku systému CL. Zavedení dalších technologií a jejich charakteristika pak závisí na potřebách zjištěných z provedené analýzy. Metodika je také zaměřena pouze na **zboží vstupující do města** z vnějšího DS, popřípadě lze uvažovat také tok zboží vedený uvnitř města. Tranzitní toky zboží je cílem zcela odstranit vystavením obchvatů měst, a proto není potřeba se jimi zabývat. Problematika odchozích toků zboží je pak nad rámec diplomové práce, byť se principiálně příliš neliší od technologie obsluhy zákazníků ve městě.

3.2 Návrh metodiky zavedení city logistiky do prostředí České republiky

V ideálním případě by v rámci CL měly být do procesu optimalizace zahrnuty veškeré zbožové toky ve městě, tzn. že by měla být zajištěna obsluha všech subjektů, které generují přepravní požadavky. Kvůli vysoké variabilitě zboží však není možné obsluhu všech zákazníků řídit jednotným způsobem. Tato variabilita vytváří překážky pro optimalizaci všech zbožových toků v rámci jednoho systému a je tak vhodné vytvářet **city logistické subsystémy**, které se specializují na určitý typ zboží vymezený jeho vlastnostmi nebo požadavky na přepravu. Obsluhu zákazníků v rámci jednoho subsystému je pak možné řídit samostatně a nezávisle na jiných subsystémech. Pro vymezení jednotlivých subsystémů je možné identifikovat celou řadu kritérií. Může se např. jednat o:

- typ používaných přepravních jednotek,
- specifické vlastnosti zboží a požadavky na přepravu,
- způsob manipulace,
- četnost dodávek,
- velikost dodávek,
- geografickou polohu zákazníků.

Základní vlastností každého subsystému je fakt, že zboží do něho zařazené je možné distribuovat společně při stejných přepravních podmínkách. Je zde třeba odlišovat především potravinové zboží (s řízenou teplotou během přepravy, čerstvé a trvanlivé), průmyslové zboží, léčiva, květiny, stavební materiál nebo např. odpady. Tento výčet je tak možné obecně považovat za základní členění systému CL na jednotlivé subsystémy.

V každém realizovaném subsystému je pak potřeba do obsluhy zahrnout co největší množství obsluhovaných **zákazníků**, aby bylo v maximální míře dosahováno pozitivních efektů plynoucích ze CL. Množinu zákazníků je však třeba vybírat takovým způsobem, aby tyto efekty byly skutečně maximalizovány a naopak „neplýtvaly kapacitou“ systému CL. Z toho důvodu je vhodné do obsluhy zařazovat přednostně ty zákazníky, kteří zásobují malým množstvím zboží (vůči kapacitě vybraného OV), velmi často a kteří leží v centru města a jeho okolí. Množina zákazníků může být tvořena maloobchodními jednotkami (dále jen MJ), firmami z výrobní nebo nevýrobní sféry, správními úřady, nemocnicemi, hostinskými a ubytovacími zařízeními nebo i obyvateli města. Vždy je třeba s nimi navázat úzkou

spolupráci. Tím je možné získat dostatek relevantních informací pro plánování jejich obsluhy. Jedná se především o informace týkající se:

- typu používaných přepravních jednotek,
- velikosti dodávek (počet přepravních jednotek, hmotnost, objem),
- četnosti zásobování (obvyklé dny a časy doručení),
- dodavatelů (určení směru vstupu zboží z vnějšího DS do vnitřního DS).

Tímto je možné získat ucelený přehled o požadavcích zákazníků a budoucím rozsahu jejich obsluhy. V dalším kroku je možné přistoupit k návrhu **sítě MDC** v souladu s požadavky uvedenými v kapitole 2.1.3. Jedná se především o určení počtu MDC a jejich poloh s ohledem na informace získané od zákazníků. Veškeré zboží vstupující do vnitřního DS v rámci vymezeného subsystému musí být jednoznačně rozděleno mezi jednotlivá MDC. Při návrhu organizace toku zboží v jednotlivých subsystémech je tak třeba zaměřit pozornost na několik oblastí (blíže popsanych v následujících kapitolách):

- organizaci pohybu zboží na rozhraní vnitřního a vnějšího DS,
- obsluhu kyvadlovými jízdami,
- obsluhu okružními jízdami.

Následuje volba OV. Ty musí, kromě požadavků vymezených v kapitole 2.2, kapacitně vyhovovat požadavkům zákazníků a musí být uzpůsobeny pro přepravu zboží v daném subsystému. Ve vybraných částech města je také možné zvážit zavedení vhodných opatření pro podporu zásobování z hlediska organizace dopravy na pozemních komunikacích. Při plánování distribuce zboží je také nutné uvažovat posloupnosti jednotlivých činností, čímž je možné určit časovou náročnost obsluhy dané množiny zákazníků. To vyžaduje určení technologických časů pro jednotlivé činnosti. Jedná se o určení dob nakládky OV, třídění zásilek, jízd, manipulací se zbožím, přestávek zaměstnanců apod.

3.2.1 Organizace pohybu zboží na rozhraní vnitřního a vnějšího dopravního systému

Značný vliv na celkovou efektivitu CL má zvolený způsob organizace pohybů zboží na rozhraní vnitřního a vnějšího DS. Jako takovéto rozhraní je možné považovat systém MDC, který „zachytává“ zboží vstupující do města a slouží k řízení toků zboží při následné distribuci.

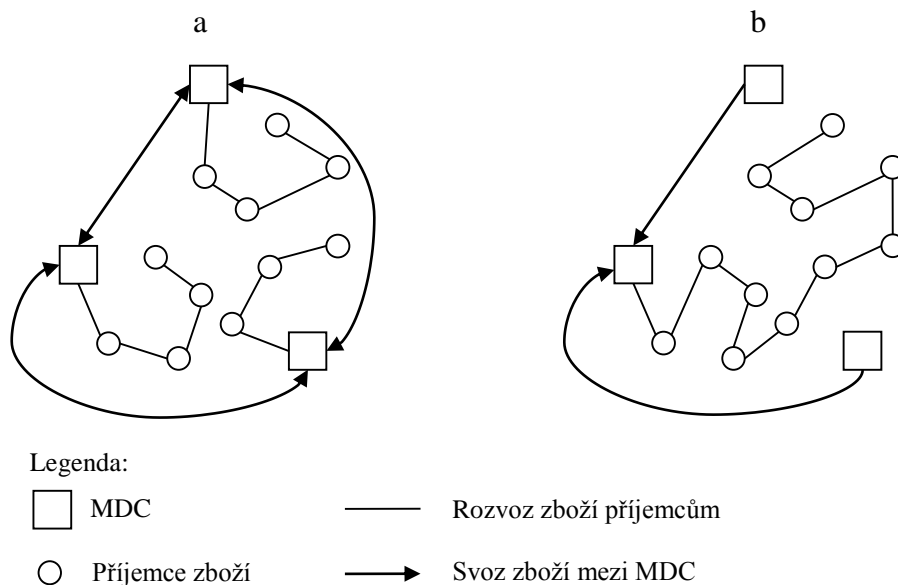
Po stanovení poloh a samotném vybudování jednotlivých MDC je v dalším kroku třeba rozdělit zbožové proudy vstupující do vnitřního DS mezi jednotlivá MDC takovým způsobem, aby byl pokryt veškerý objem zboží. Toto je možné přiřazením těchto proudů podle směru vstupu zboží do města, kdy jsou každému MDC trvale přiřazeny jednotlivé silniční přivaděče.

V případě realizace jediného MDC je přiřazení toků zboží triviální. Jediné MDC je vhodné vybudovat v takových systémech CL, ve kterých převládají zbožové toky z jednoho směru vnějšího DS. Zboží z ostatních směru je pak možné do MDC vést obchvatem kolem města nebo přes město, popřípadě z CL zcela vyloučit. Naopak větší počet MDC je vhodné vybudovat v případě silných zbožových toků vstupujících do města z různých směrů.

V případě vybudování dvou nebo většího počtu MDC je v dalším kroku třeba sestavit atrakční obvody jednotlivých MDC a jejich propojení mezi sebou. Atrakční obvody je možné stanovit jako pevné (neměnné) nebo jako proměnlivé, kdy jsou vytvářeny operativně pro každý den obsluhy v závislosti na aktuálních požadavcích zákazníků. Propojení MDC mezi sebou je třeba realizovat z toho důvodu, aby každé z nich disponovalo zbožím směřující do svého atrakčního obvodu i za situace, kdy do vnitřního DS vstupuje přes jiné MDC. Jako základní dva způsoby propojení MDC je možné označit:

- propojení rovnocenných MDC,
- propojení nadřazeného MDC.

Tyto dva způsoby jsou graficky znázorněny na obrázku 6. V případě propojení rovnocenných MDC (a) obsluhuje každé MDC svůj vlastní atrakční obvod příjemců svými vozidly a je tak nutné zajistit výměnu zboží mezi všemi MDC navzájem. V případě jednoho nadřazeného MDC (b) je do tohoto MDC přepravováno zboží z ostatních MDC a následně je provedena obsluha všech příjemců ve městě z nadřazeného MDC.



Obrázek 6 Způsoby propojení MDC

Zdroj: autor

Rozhodnutí o volbě typu atrakčních obvodů a volbě způsobu propojení závisí na počtu MDC, počtu OV a jejich kapacitě, objemu zboží, poloze zákazníků a dalších parametrech. Při volbě je tak třeba vždy respektovat hledisko efektivnosti za daných podmínek. Zde se „otevírají“ možnosti pro modelování obsluhy pro stanovení nejvýhodnější varianty. Pro propojení MDC je možné pořídit speciální vozidlo určené pouze k tomuto účelu nebo je možné využívat vozidla zajišťující obsluhu v atrakčním obvodu při obsluze zákazníků.

Dále je potřeba stanovit systém prací v samotných MDC během vykládky a nakládky OV a třídění zboží. K tomu je třeba stanovit odpovídající počet pracovníků, přičemž práci může vykonávat sám řidič obslužného vozidla nebo další pracovníci trvale umístění v MDC. Třídění zboží je možné rozlišovat jako:

- prvotní třídění,
- druhotné třídění.

Prvotní třídění je prováděno pouze v rovnocenných MDC. Veškeré zboží došlé z vnějšího DS je v tomto případě nejprve roztrženo podle toho, zda je určeno pro obsluhu v rámci atrakčního obvodu daného MDC anebo pro jiné MDC. V případě druhotného třídění je zboží tříděno s ohledem na obsluhu v rámci atrakčního obvodu MDC. V obou případech je možné aplikovat principy shromažďování zboží na zátěž (shromažďování končí v okamžiku dosažení kapacity OV) nebo na čas (shromažďování končí v předem určeném okamžiku).

3.2.2 Obsluha kyvadlovými jízdami

Při obsluze kyvadlovými jízdami se jedná o obsluhu většího počtu zákazníků, v součtu s velkými přepravními požadavky, situovaných na malém území, kdy zpravidla není možné všechny zákazníky obsloužit jedinou jízdou OV. Typicky se jedná o centra města s velkou koncentrací MJ, nákupní zóny nebo obchodní domy.

Obecně by měla být snaha minimalizovat pohyby OV v dané oblasti. Především v ulicích a nákupních zónách je vhodné, aby vozidla neustále „nepopojížděla“ mezi jednotlivými zákazníky. Z toho důvodu by měl být dbán důraz na obsluhu zákazníků roznášením zboží z předem stanovených a vyhrazených parkovacích stání pro OV, a to buď ručně nebo s využitím lehké mechanizace (např. roltejny). Tento proces může do určité míry prodloužit samotnou dobu obsluhy zákazníků, ale naopak zvyšuje komfort a bezpečnost pro veřejnost a zlepšuje dopravní situaci v dané oblasti. Umístění a počet jednotlivých parkovacích stání je tak třeba volit podle velikosti obsluhovaného území a z hlediska prostorových a stavebních možností. Prioritně by však měla být umístěvaná v blízkosti zákazníků s velkými objemy přepravních požadavků a obecně by měla být snaha minimalizovat jejich počet.

Tato parkovací stání však musí být vždy vytvořena a označena dle platných předpisů. Dále musí platit pravidlo, že každý zákazník musí být přiřazen minimálně jednomu parkovacímu stání, ze kterého bude obsluhován. V případě obchodních domů je pro zastavování obslužného vozidla ve většině případů možné využít parkovací stání u zadního vchodu.

V maximální možné míře by měla být zavedena opatření, která umožní neomezený pohyb OV do míst obsluhy, a to i do takových míst, která jsou pro ostatní vozidla jinak nedostupná. Regulační opatření (viz kapitola 2.3.1) by se obecně měla OV zařazených do systému CL „dotýkat“ co nejméně.

Při obsluze kyvadlovými jízdami může existovat potenciál pro využití MDC druhého sledu. V takovém případě je z MDC na hranicích města zásobováno MDC situované v těsné blízkosti obsluhované oblasti, odkud je zajišťována soustavná obsluha jednotlivých zákazníků. V tomto případě existuje možnost využít specializovaných obslužných vozidel, jako např. elektrického tahače s několika přívěsnými vozíky, které jsou svými rozměry vhodné pro obsluhu v dané oblasti.

Optimalizace jízd OV, tzn. snižování počtu ujetých kilometrů, se v případě obsluhy kyvadlovými jízdami omezuje pouze na stanovení nejkratší cesty mezi MDC a jednotlivými parkovacími stáními. Největší vliv na počet jízd má kapacita OV a schopnost v maximální míře tuto kapacitu vytěžovat. Důležité je také věnovat pozornost způsobům manipulace se zbožím a vlastnímu roznášení zboží pracovníky za použití vhodných mechanizačních prostředků, které urychlí výkon těchto činností.

3.2.3 Obsluha okružními jízdami

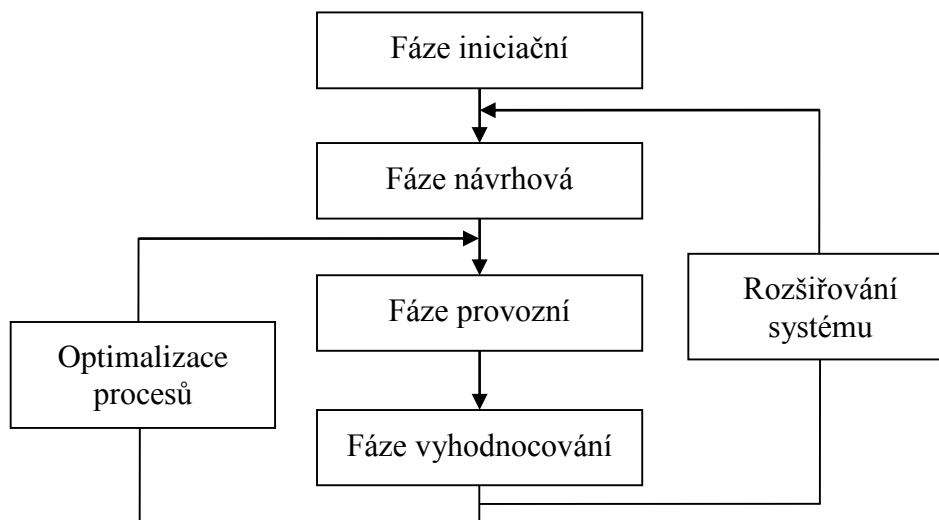
Druhou možností obsluhy zákazníků je distribuce zboží okružními jízdami (viz kapitola 2.2.3). Tento způsob je vhodné využít v případech, kdy zákazníci jsou nepravidelně rozmístěni na území celého města a objemy jejich požadavků mají takovou velikost, že jedinou jízdou OV je možné obsloužit větší množství zákazníků. Typicky se jedná o menší provozy MJ, výrobní firmy nebo rovněž obyvatelé města. Tento způsob obsluhy nabízí velké možnosti optimalizace jízd snižováním celkového počtu ujetých kilometrů stanovením vhodného pořadí obsluhy zákazníků. K tomuto je nutné ve městě vymezit dopravní síť, která je vyhovující pro obsluhu zákazníků, a na které je optimalizace prováděna.

3.3 Obecný postup tvorby city logistického systému

Navrhování a implementování CL je velmi komplikovaný proces, který vyžaduje důkladné plánování a dokonalou znalost dopravně-přepravní vztahů uvnitř města. Celý proces tvorby a provozu systému logistické obsluhy ve městě je možné shrnout do čtyř fází:

- fáze iniciační,
- fáze návrhová,
- fáze provozní,
- fáze vyhodnocování.

Je třeba mít na paměti, že navrhování a vytváření systému CL je „nikdy nekončící proces“, neboť je tento systém možné neustále zdokonalovat a rozšiřovat. Cílovým stavem je zahrnutí veškerých zbožových toků ve městě, avšak tohoto stavu je možné dosáhnout pouze postupným rozšiřováním systému CL. Je tak např. možné se zpočátku zaměřit na jeden určitý subsystém s omezeným počtem zákazníků v centru města a s postupným osvojováním dovedností množinu zákazníků dále rozšiřovat a celý systém postupně rozvíjet i na další subsystémy. Graficky je celý proces tvorby systému CL znázorněn na obrázku 7.



Obrázek 7 Proces tvorby city logistického systému

Zdroj: autor

3.3.1 Fáze iniciační

Počáteční iniciační fáze nastává ve chvíli, kdy některému ze subjektů popsaných v kapitole 1.3 vzejde myšlenka na potřebu zlepšit situaci v nákladní dopravě ve městě a je jím navázána spolupráce s dalšími subjekty, které by se na vzniku a provozu budoucího systému CL mohly podílet. Těmito subjekty jsou projednány základní podmínky pro zahájení prací

na projektu a předběžné cíle. Jedná se tak o první impuls pro vytvoření systému CL a tyto subjekty je možné nazývat iniciátory vzniku systému CL. Výsledkem iniciační fáze by mělo být jednoznačné rozhodnutí, zda práce na novém projektu bude pokračovat a za jakých podmínek, anebo zda projekt nebude realizován.

3.3.2 Fáze návrhová

Jedná se o nejvíce tvůrčí fázi, která vymezí podobu systému CL. Na celý proces návrhu CL je nutné nahlížet jako na projekt, který je třeba řídit dle obecných pravidel a metod projektového řízení, a to až do chvíle zahájení provozu. K tomuto účelu je třeba sestavit řešitelský tým, který bude odpovědný za návrh systému a následnou implementaci do praxe. Řešitelský tým by tak měl být složený z odborníků různých oborů (dopravních, logistických, ekonomických), v jejichž čele bude stát projektový manažer. Ten odpovídá za organizaci prací na projektu, řízení a motivování členů projektového týmu a dodržování časového harmonogramu. Hlavním úkolem je zde vypracování návrhu systému CL podle metodiky uvedené v kapitole 3.2

Zásadními otázkami při návrhu CL je také stanovení řídicího orgánu, který bude zodpovědný za provoz systému. Takovýto řídicí orgán může částečně fungovat na komerční bázi a částečně být podporován z veřejných rozpočtů (tzv. Public Private Partnership – partnerství veřejného a soukromého sektoru). Další možností je založení obchodní společnosti plně ve vlastnictví daného města. Existuje rovněž možnost propojení řízení systému CL s dopravním podnikem zabezpečující dopravní obslužnost obce nebo organizátorem integrovaného dopravního systému zabezpečující dopravní obslužnost kraje. Jediný subjekt by v takovémto případě zodpovídal za organizaci přepravy osob ve veřejné hromadné dopravě a organizaci přepravy zboží v rámci CL. Tímto by bylo možné dosahovat pozitivních efektů plynoucích ze synergie řízení osobní a nákladní dopravy.

3.3.3 Fáze provozní

V provozní fázi dochází k samotnému spuštění a provozování systému CL. Obsahem je vykonávání činností související se zajištěním každodenní obsluhy zákazníků v jednotlivých subsystémech. Jedná se především o sestavování denních tras OV, vlastní obsluhu zákazníků, údržbu vozidel a zajištění provozu MDC. Je také nutné být v neustálém kontaktu s jednotlivými subjekty a získávat od nich relevantní informace potřebné pro plánování obsluhy. K plnění těchto úkolů je třeba zajistit všechny potřebné lidské a hmotné zdroje.

3.3.4 Fáze vyhodnocování

Ve fázi vyhodnocování je třeba sledovat provozní a ekonomickou efektivitu systému. V duchu hesla „co neměříme, to neřídíme“ je třeba se zaměřit na sledování co největšího množství ukazatelů dopravního a ekonomického výkonu. Mezi základní ukazatele z hlediska dopravy a logistiky je možné zařadit:

- denní výkon OV (přepravené množství, ujeté kilometry),
- počet a dobu obrátů OV,
- celkovou dobu obsluhy zákazníků,
- množství spotřebovaného paliva,
- potřebný počet pracovníků,
- spolehlivost dodávek,
- množství zboží přeloženého v MDC za jednotku času,
- výkonnost mechanizačních prostředků.

Kromě těchto přímo měřitelných ukazatelů je dále důležité zaměřit se na soustavné získávání zpětné vazby od jednotlivých subjektů zapojených do systému. Je tak třeba provádět průzkumy spokojenosti, a to nejen mezi přímými účastníky (zákazníci a dodavatelé), ale také mezi obyvateli města formou dotazníkových šetření. Další možností je vytvoření jednotného komunikačního kanálu, který umožní snadný přístup ke všem relevantním informacím pro všechny subjekty. Jako účinný prostředek mohou být k tomuto účelu vytvořeny webové stránky s aktuálními informacemi a s možností komunikace mezi jednotlivými subjekty. Možností je také organizovat pravidelné semináře pro diskutování dané problematiky. Všechna získaná data je třeba vždy vyhodnocovat a na jejich základě pak navrhnout optimalizační opatření. Je také důležité jednotlivé subjekty neustále informovat o možnostech a výhodách CL. Vhodným prostředkem může být reklama, jednotný a atraktivní design obslužných vozidel nebo pracovní úbory pracovníků. Hlavními zprávami by mělo být sdělení o ekologických efektech a snižování zatížení pozemních komunikací plynoucích ze CL.

4 NÁVRH CITY LOGISTICKÉHO SYSTÉMU

Pro ověření funkčnosti zpracované metodiky je v diplomové práci proveden návrh CL systému pro město Hradec Králové. Tento návrh spočívá v realizaci obsluhy subsystému maloobchodních jednotek (dále jen MJ) zaměřených na prodej spotřebního a průmyslového zboží nepotravinového charakteru, a to oběma způsoby obsluhy v CL – kyvadlovými jízdami a okružními jízdami. Jako vstupní podklady jsou využity výsledky získané dotazníkovým šetřením, avšak kvůli vysoké variabilitě hodnot těchto výsledků (četnosti a objemu dodávek) je obtížné nalézt obecná pravidla pro plánování zásobování MJ v uvedeném městě. Z toho důvodu je třeba přistoupit k určitým zjednodušením a celý návrh CL systému je tak pojat jako model (záměrné zjednodušení skutečnosti), ve kterém jsou porovnávány různé varianty obsluhy. V rámci tohoto modelu jsou definovány některé další principy užitečné pro zavádění CL. Hlavním cílem tohoto modelu je nalezení informací o jízdním výkonu OV (celkem ujeté vzdálenosti), časové náročnosti obsluhy zákazníků a požadovaném počtu OV v jeho jednotlivých variantách.

4.1 Vymezení modelu

Pro logistickou obsluhu v rámci modelu byly vybrány takové MJ, které se orientují na prodej nepotravinového zboží, které není podřízeno zvláštním přepravním podmínkám a je tak zaručena jejich přepravní kompatibilita. Jedná se o oděvy a textil, obuv, knihy a tiskoviny, psací potřeby, hračky, sportovní potřeby, drogistické zboží, apod. Do obsluhy byly zařazeny pouze takové MJ, jejichž celková plocha prodejny nepřevyšuje 200 m². Podle databáze (20) je počet takovýchto prodejen v Hradci Králové 561.

4.1.1 Dotazníkové šetření

Pro vytvoření představy o požadavcích MJ z hlediska jejich zásobování v současnosti bylo v rámci diplomové práce provedeno dotazníkové šetření. Cílem bylo získat informace o četnosti a způsobu zásobování a velikosti jednotlivých dodávek. Podoba dotazníku je uvedena v příloze B. Při dotazníkovém šetření byla získána data od celkem 69 MJ v Hradci Králové zaměřených na prodej různých druhů nepotravinového zboží. Průzkum byl proveden na vybrané množině prodejen, jejichž prodejní plocha je do 200 m² a kteří se orientují na prodej zboží nepodléhající zvláštním přepravním podmínkám (nebezpečné nebo rychle zkazitelné). Struktura respondentů podle druhu nabízeného zboží je uvedena v tabulce 1. Autor diplomové práce se rozhodl pro ústní formu sběru dat pro zvýšení pravděpodobnosti sdělení požadovaných

informací ze strany respondentů a pro možnost zodpovězení případných dotazů nebo nejasností. Díky tomuto se návratnost odpovědí (ochoty spolupracovat) pohybovala okolo 60 %.

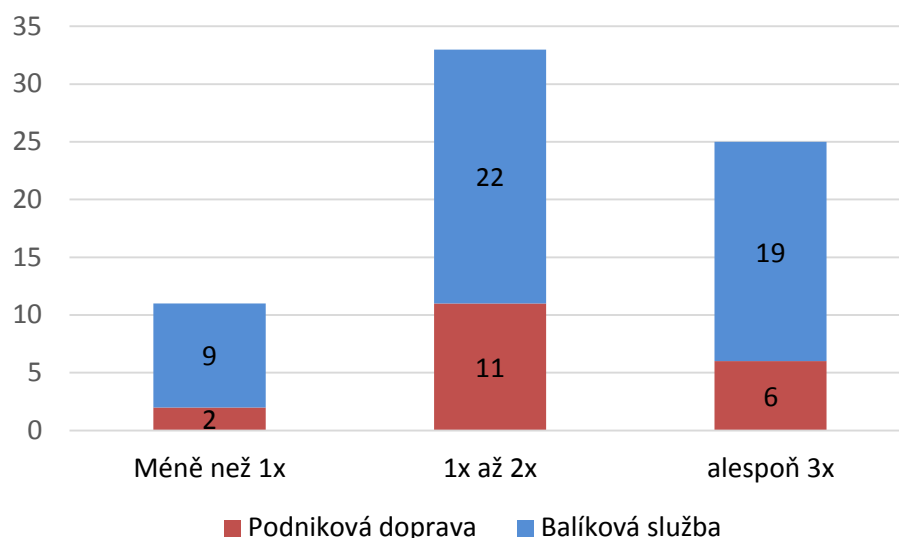
Tabulka 1 Struktura maloobchodních jednotek v dotazníkovém šetření

Druh zboží	Počet
Byt, textil	11
Drogérie, kosmetika	6
Elektro	3
Hračky, zábava	6
Hudebniny	3
Knihy	3
Obuv	5
Oděvy	18
Papírnictví	3
Sport	9
Železářství, autodíly	2

Zdroj: autor

Na základě dat získaných dotazníkovým šetřením je možné konstatovat, že zásobování maloobchodů je dnes velmi různorodé. Pro většinu prodejen neexistuje pevně stanovený plán dodávek a jednotlivé objednávky (dodávky) jsou realizovány na základě aktuálních potřeb obchodníků. Jen 13 dotázaných MJ (19 %) je zásobováno pravidelně ve stanovených dnech. Většina prodejen (84 %) je pak zásobována (větším či menším množstvím) alespoň jednou týdně.

Pro zásobování jsou ve velké míře (73 %) využíváni dopravci balíkových zásilek (balíková služba). Z výsledků šetření vyplývá, že služby těchto dopravců jsou využívány především prodejny, které na území České republiky nemají své distribuční centrum a prodejny, které nespádají do sítě poboček v různých městech, a které obecně požadují menší množství zboží. Balíkové služby jsou často využívány také v případech, kdy prodejny jsou zásobovány velkým počtem různých dodavatelů. Zásobování pomocí vlastních podnikových vozidel, popřípadě s využitím kontrahovaných dopravců, je využíváno převážně společnostmi, které provozují síť prodejen ve více městech a provozují vlastní distribuční centra na území České republiky. Četnost dodávek vztažených k období jednoho týdne a způsob zásobování jsou uvedeny na obrázku 8.

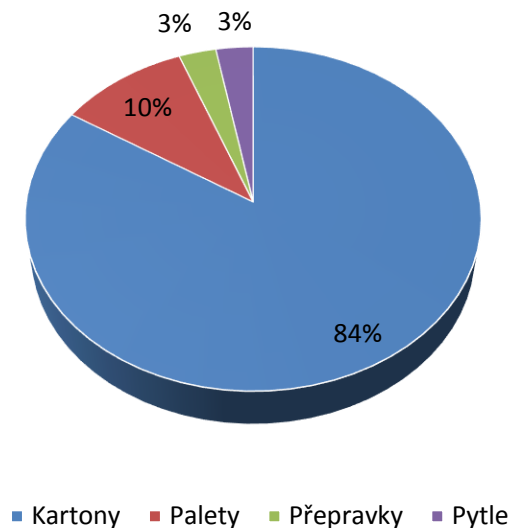


Obrázek 8 Dotazníkové šetření – četnost a způsob zásobování

Zdroj: autor

Velmi různorodé je také množství zboží dodávané jednotlivým MJ, které velmi závisí na druhu prodávaného zboží a aktuálních prodejkách (obrátkovosti zboží na prodejnách). Velmi také závisí na oblíbenosti dané prodejny mezi obyvateli a na jak lukrativním místě ve městě leží. Velikost jednoho požadavku se prakticky může pohybovat od jedné malé lepenkové krabice až po několik desítek velkých nebo několik palet.

Další zjišťovanou charakteristikou zásobování maloobchodu ve městech byl typ používaných přepravních jednotek. Ve většině případů jsou využívány krabice z lepenky – kartony (84 %). Velikou výhodou těchto přepravních jednotek je možnost přizpůsobení se svými rozměry objemu konkrétní dodávky (výběr vhodné velikosti). Z tohoto faktu tak plyne velká různorodost velikostí zásilek a v podstatě nemožnost jejich rozměrové unifikace. Všechny MJ, které využívají služeb dopravců balíkových zásilek (balíkové služby) jsou zásobovány kartony. Naopak standardizované přepravní prostředky (palety, přepravky) jsou využívány v menší míře, a to především maloobchody, které jsou zásobovány větším množstvím zboží a s využitím vlastních distribučních vozidel. Podíly využívání jednotlivých typů přepravních jednotek MJ v dotazníkovém průzkumu jsou graficky znázorněny na obrázku 9.



Obrázek 9 Dotazníkové šetření - používané přepravní jednotky

Zdroj: autor

Prodejci drobného zboží (např. knihy, elektronické součástky), kteří jsou zásobováni větším počtem dodavatelů, jsou v mnoha případech zásobováni denně, a to i několika různými jízdami OV. Naopak podnikové prodejny (např. výrobních firem) jsou často zásobovány podnikovými vozidly a v pravidelných cyklech. Z důvodu vysoké časové i objemové variability v zásobování se navíc zbožové toky ve městech se v průběhu roku mohou výrazně měnit. Je možné předpokládat, že v případě jiného subsystému (např. rychle zkazitelných potravin), by výsledky stejně koncipovaného dotazníkového šetření byly zcela jiné. Tento fakt v podstatě potvrzuje myšlenku, že každý subsystém by měl být realizován zvlášť.

4.1.2 Formulace požadavků zákazníků

Z důvodu velkého počtu maloobchodních jednotek na území města a z důvodu vysoké míry nepravidelnosti při zásobování (viz kapitola 4.1.1) není možné bez navázání aktivní spolupráce s jednotlivými maloobchody při návrhu systému CL pracovat s reálnými hodnotami četností a velikosti jednotlivých dodávek. Tyto hodnoty se navíc v čase (v průběhu roku) mohou velmi rychle měnit a jakékoliv získané hodnoty by proto byly vždy vztaženy pouze k danému období. V rámci modelu je proto nutné definovat pravidla, která jednotlivým maloobchodům požadavky na zásobování přiřadí.

Z hlediska četnosti zásobování prodejen se reálný stav obsluhy může pohybovat mezi dvěma extrémny:

- v daný den není obsluhována žádná MJ,
- v daný den jsou obsluhovány všechny MJ.

Reálný počet obsluhovaných maloobchodů v jeden den se potom nachází mezi těmito dvěma extrémy. Smysl má tedy modelovat a vzájemně porovnávat takové varianty, které se nacházejí právě mezi těmito extrémy. Tato vysoká variabilita je v modelu vyjádřena několika jeho variantami, které jsou definovány velikostí prodejní plochy MJ. Tato charakteristika MJ v modelu podstatě „supluje“ rozdílnost požadavků jednotlivých zákazníků, neboť nalézt obecně platné pravidlo pro definování četnosti zásobování je velmi složité a nad možnosti diplomové práce. Počet obsluhovaných maloobchodů v jednotlivých variantách v jeden den je tak možné stanovit podle pravidel uvedených v tabulce 2.

Tabulka 2 Varianty modelu z hlediska četnosti zásobování

Varianta	Popis
A	Obsluhování jsou všichni zákazníci
B	Obsluhování jsou zákazníci s velikostí prodejny větší než 50 m ²
C	Obsluhování jsou zákazníci s velikostí prodejny větší než 100 m ²

Zdroj: autor

Z hlediska velikosti dodávek se obsluha zákazníků může opět pohybovat mezi dvěma extrémy:

- každý zákazník je obslužen samostatnou jízdou obslužného vozidla (požadavek zákazníka se rovná kapacitě OV)¹,
- všichni zákazníci jsou obsluženi jedinou jízdou obslužného vozidla (součet požadavků všech zákazníků je menší nebo se rovná kapacitě obslužného vozidla).

Pro vzájemné srovnání má opět smysl uvažovat varianty nacházející se mezi těmito extrémy. Jednotlivé varianty je potom možné vymezit pravidly uvedenými v tabulce 3.

¹ S možností, kdy požadavek jednoho zákazníka může převyšovat kapacitu vozidla a bylo by tak pro jeho obsluhu potřeba více než jedné obslužné jízdy, není pro zjednodušení uvažováno.

Tabulka 3 Varianty modelu z hlediska velikosti dodávek

Varianta	Popis
I	Každý zákazník je obslužen samostatnou jízdou OV
II	Jednou jízdou OV je obsluženo 10 % zákazníků
III	Jednou jízdou OV je obsluženo 20 % zákazníků
IV	Jednou jízdou OV je obsluženo 50 % zákazníků
V	Jednou jízdou OV je obsluženo 80 % zákazníků
VI	Všichni zákazníci jsou obsluženi jedinou jízdou OV

Zdroj: autor

Typ použitých přepravních jednotek je možné při definování požadavků zákazníků vynechat, protože tato charakteristika je již zahrnuta v pravidlech definující varianty modelu z hlediska velikosti dodávek. Ovlivní pouze způsob a dobu manipulace, ale pro zjednodušení výpočtů jsou tyto charakteristiky pro všechny přepravní požadavky v modelu konstantní a definovány v následujícím textu. Při reálné aplikaci mohou být některými zákazníky také stanoveny časová okna pro doručení zboží. V modelu obsluhy pomocí okružních jízd nejsou časová okna definována s odkazem na výsledky získaná v dotazníkovém průzkumu.

Důležité při definování požadavků zákazníků je také určení rozložení zbožových toků při vstupu do města mezi jednotlivé MDC (více informací o MDC v modelu je uvedeno v kapitole 4.1.3). Pro zjednodušení je poměr objemu zboží vstupující do jednotlivých MDC považován za rovnoměrný.

4.1.3 Lokace městských distribučních center

Jednou z nejdůležitějších otázek při projektování systému CL je stanovení počtu a umístění MDC. Počet MDC je třeba zvolit s ohledem na velikost zbožových proudů vstupující do města z jednotlivých směrů. Polohy MDC je třeba volit v souladu s kritérii lokace uvedenými v kapitole 2.1.3. Na základě aktuálních výsledků celostátního sčítání dopravy (21) je možné získat orientační přehled o intenzitách nákladní dopravy na pozemních komunikacích zaústěných do Hradce Králové. Charakteristika nejvíce zatížených silničních přivaděčů je uvedena v tabulce 4. Jedná se o hodnoty, které je možné použít pro přibližnou představu o rozložení zbožových proudů.

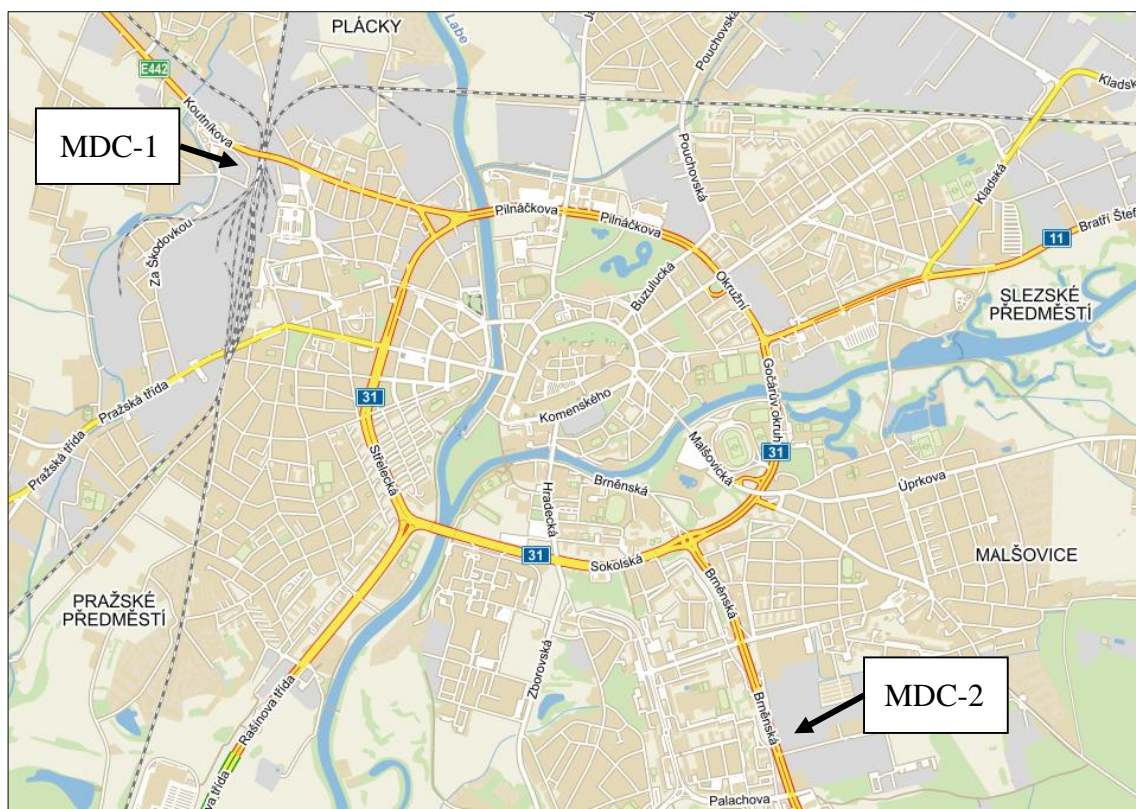
Tabulka 4 Roční průměr denních intenzit dopravy za všechny dny (nákladní vozidla)

Silnice (směr)	Lehká nákladní vozidla	Střední nákladní vozidla	Těžká nákladní vozidla	Návěsové soupravy	Celkem
I/35 (Hořice)	1 613	1 034	384	1 642	4 673
I/11 (Týniště nad Orlicí)	1 912	1 092	412	777	4 193
I/35 (Holice)	1 786	803	279	1 346	4 214
I/37 (Pardubice)	1 270	589	247	814	2 920

Zdroj: autor na podkladě (21)

Jednotlivá MDC je nutné rozmístit na hranicích města a v blízkosti přivaděčů uvedených v tabulce 4 takovým způsobem, aby přístup k nim z vnějšího okolí byl co nejjednodušší, a aby co nejvíce eliminovaly jízdy vozidel po pozemních komunikacích ve městě. Při výstavbě pouze jednoho MDC může dojít k převedení části dopravních výkonů na pozemní komunikace směřující k tomuto MDC a může tak zde dojít k výraznému zvýšení denních intenzit dopravy. Pro odstranění těchto efektů je výhodnější vybudovat větší počet MDC na různých vjezdech do města. Tato varianta je ovšem finančně nákladnější.

V modelovém řešení je uvažováno s využitím dvojice MDC. Pro realizaci obou těchto středisek obsluhy jsou využity brownfieldy umístěné na místě vhodném pro užití v CL. Pro vybudování **MDC-1** je možné využít areál bývalého skladu obilnin v městské části Kukleny v těsné blízkosti silnice I/35 ve směru Hořice. V současné době není pro tuto stavbu žádné využití a díky dobré poloze je možné toto místo použít pro výstavbu MDC a není tak zapotřebí stavbu provést na dosud nezastavěném pozemku. Areál se nachází uvnitř průmyslové zóny v těsné blízkosti hlavního nádraží, díky čemuž má toto MDC jistý potenciál k napojení na železniční dopravu. Poloha MDC-1 navíc umožňuje dobré napojení na dálnici D11. Pro **MDC-2** je možné využít brownfield bývalého vojenského areálu v městské části Nový Hradec Králové v těsné blízkosti silnice I/35 ve směru Holice. Tato poloha byla zvolena z důvodu uplatnění nepoužívaného areálu a z důvodu snadného napojení na silnici I/35. Umístění obou MDC je znázorněno na obrázku 10. (22)



Obrázek 10 Polohy MDC v Hradci Králové

Zdroj: autor na mapovém podkladě (23)

4.1.4 Výběr obslužného vozidla

Vozidla určená pro logistickou obsluhu města musí splňovat specifické požadavky uvedené v kapitole 2.2. Z toho důvodu je volbě OV nutné věnovat značnou pozornost a samotný proces volby je vhodné podpořit metodou vícekritériálního rozhodování WSA popsanou v kapitole 2.1.3. Pro výběr OV pro CL v Hradci Králové byla zvolena kritéria:

- cena vozidla bez DPH [Kč],
- náklady na 1 ujetý kilometr (pouze pohonné hmoty) [Kč],
- užitečná hmotnost [kg],
- objem ložného prostoru [m³],
- míra znečištění ovzduší (množství emisí).

Pro výpočet nejlepší varianty (z množiny možných) pomocí metody WSA musí být každé kritérium číselně ohodnotitelné. Kromě kritéria míry znečištění ovzduší tuto vlastnost splňují všechna kritéria přímo. Z toho důvodu jsou jednotlivé druhy pohonů bodově ohodnoceny na stupnici od 0 do 10 podle míry lokálního znečištění ovzduší (viz tabulka 5). Pro každé kritérium musí být také stanoveno, zda se jedná o kritérium minimalizační nebo maximalizační. Tato vlastnost je uvedena v tabulce 7.

Tabulka 5 Ohodnocení druhů pohonů pro metodu WSA

Pohon	Elektrický	CNG	Hybridní	Naftový EURO VI	Naftový EURO V	Naftový EURO IV
Ohodnocení	10	8	6	5	2	0

Zdroj: autor

Z důvodu znalosti pouze ordinální informace je před samotným výpočtem metodou WSA třeba stanovit váhy jednotlivých kritérií. K tomuto je pro potřeby diplomové práce využita **Saatyho metoda**, známá také jako metoda kvantitativního párového srovnání. Smyslem této metody je porovnání každé dvojice kritérií a vyjádření důležitosti jednoho kritéria vůči druhému přiřazením číselné hodnoty na stupnici 1 až 9 (celočíslně). Hodnota 1 představuje stejnou důležitost srovnávaných kritérií, hodnota 9 pak představuje absolutní preferování kritéria vůči druhému. Porovnání kritérií je možné vyjádřit tzv. Saatyho maticí S , pro kterou musí platit vztahy (3) a (4). (24)

$$s_{ii} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

$$s_{ij} = \frac{1}{s_{ji}} \quad i, j = 1, 2, \dots, k \quad (4)$$

Saatyho matice S pro odhad vah kritérií výběru OV je uvedena v tabulce 6

Tabulka 6 Saatyho matice

Kritérium	Pohon	Náklady na 1 km	Ložný prostor	Pořizovací cena	Užitečná hmotnost
Pohon	1	2	3	3	5
Náklady na 1 km	0,500	1	2	3	5
Ložný prostor	0,333	0,500	1	2	4
Pořizovací cena	0,333	0,333	0,500	1	5
Užitečná hmotnost	0,200	0,200	0,250	0,200	1

Zdroj: autor

Váhy jednotlivých kritérií v_i je na základě Saatyho matice S možné spočítat pomocí geometrického průměru řádků matice S podle vzorce (6). Podmínkou k tomuto výpočtu však je, aby matice S byla dostatečně konzistentní. Míru konzistence je možné vypočítat podle vzorce (5). (25), (26)

$$I_S = \frac{\lambda_{max} - k}{k - 1} \quad [-] \quad (5)$$

kde: I_S index konzistence matice S [-],
 λ_{max} největší vlastní číslo matice S [-],
 k počet kritérií [-].

Matice S je dostatečně konzistentní, když je $I_S < 0,1$. Tato podmínka je splněna a je tak možné přistoupit k výpočtu vah kritérií podle vzorce (6). (26)

$$v_i = \frac{[\prod_{j=1}^k s_{ij}]^{1/k}}{\sum_{i=1}^k [\prod_{j=1}^k s_{ij}]^{1/k}} \quad [-] \quad (6)$$

Vypočítané váhy kritérií jsou uvedeny v tabulce 7. Postup výpočtu je uveden v elektronické příloze F.

Tabulka 7 Váhy a typy kritérií

Kritérium	Pohon	Náklady na 1 km	Ložný prostor	Pořizovací cena	Užitečná hmotnost
Váha	0,39	0,27	0,17	0,12	0,05
Typ	Max	Min	Max	Min	Max

Zdroj: autor

V tabulce 8 jsou uvedeny vybrané modely vozidel vhodných pro logistickou obsluhu v CL včetně vyjádřených hodnot kritérií. Výrobci vozidel dnes nabízejí širokou škálu různých variant svých modelů v závislosti na požadavcích zákazníků, především co se týče motorizace, velikosti ložného prostoru, užitečné hmotnosti a výbavy. Uvedený seznam je tak třeba chápat jen jako určitou reprezentativní množinu a nejedná se konečný výčet vozidel vhodných pro městské zásobování.

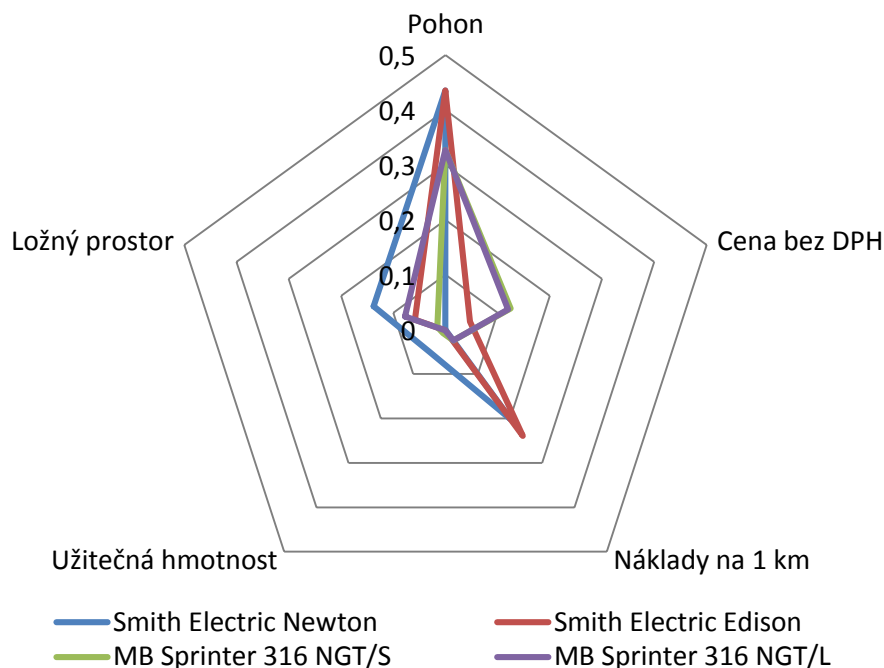
Tabulka 8 Kriteriační matice

Vozidlo	Pohon	Cena bez DPH [Kč]	Náklady na 1 km [Kč] ²	Užitečná hmotnost [kg]	Ložný prostor [m ³]
Smith Electric Newton	10	2 652 000	0,87	2 526	19,4
Smith Electric Edison	10	1 972 000	0,47	1 115	14,3
Ford Transit 470 L4 H3	2	971 900	2,68	2 088	15,1
Ford Transit 350 L3 H3	2	766 900	2,50	1 277	13
Ford Transit 310 L2 H3	2	667 300	2,50	1 067	11,2
MB Sprinter 316 NGT/S	8	836 000	2,79	1 294	11,5
MB Sprinter 316 NGT/L	8	904 000	2,79	1 105	15,5
MB Sprinter 319 CDI/S	5	852 500	2,85	1 298	11,5
MB Sprinter 319 CDI/L	5	920 500	2,85	1 111	15,5
Hyundai H350 Krátký	2	649 000	3,06	1 282	10,5
Hyundai H350 Dlouhý	2	679 000	3,06	1 185	12,9

Zdroj: autor na podkladech (27), (28), (29), (30), (31)

Na základě tabulek 7 a 8 je metodou WSA, jako vozidlo nejvhodnější k obsluze v CL, určeno vozidlo Smith Electric Newton. Jedná se o vozidlo s velkým ložným objemem a plně elektrickým pohonem. Nevýhodou elektrických vozidel však je jejich pořizovací cena, která může i dvojnásobně překročit cenu naftové varianty. Výhodou jsou pak ale velmi nízké provozní náklady a fakt, že negativní vliv na lokální ŽP je prakticky nulový. Další nevýhodou elektrických vozidel je jejich maximální dojezd, kdy v případě vozidla Smith Electric Newton podle výsledků výzkumu (28) dosahuje hodnoty cca 130 km. Postup výpočtu a konečné pořadí vozidel seřazených podle celkového užitku je uvedeno v elektronické příloze F. Výsledek vícekriteriačního rozhodování je možné vyjádřit graficky pomocí paprskového grafu. Pro čtyři nejlépe hodnocená vozidla je tento graf uveden na obrázku 11.

² Hodnoty jsou vypočítány na základě hodnot průměrné spotřeby pohonných hmot stanovených výrobcem vozidla a cen: 1 l nafty 30 Kč, 1 m³ CNG 19 Kč, 1 kWh elektrické energie 1,5 Kč (jedná se o modelové ceny).



Obrázek 11 Grafická interpretace výběru obslužného vozidla metodou WSA

Zdroj: autor

4.2 Obsluha kyvadlovými jízdami

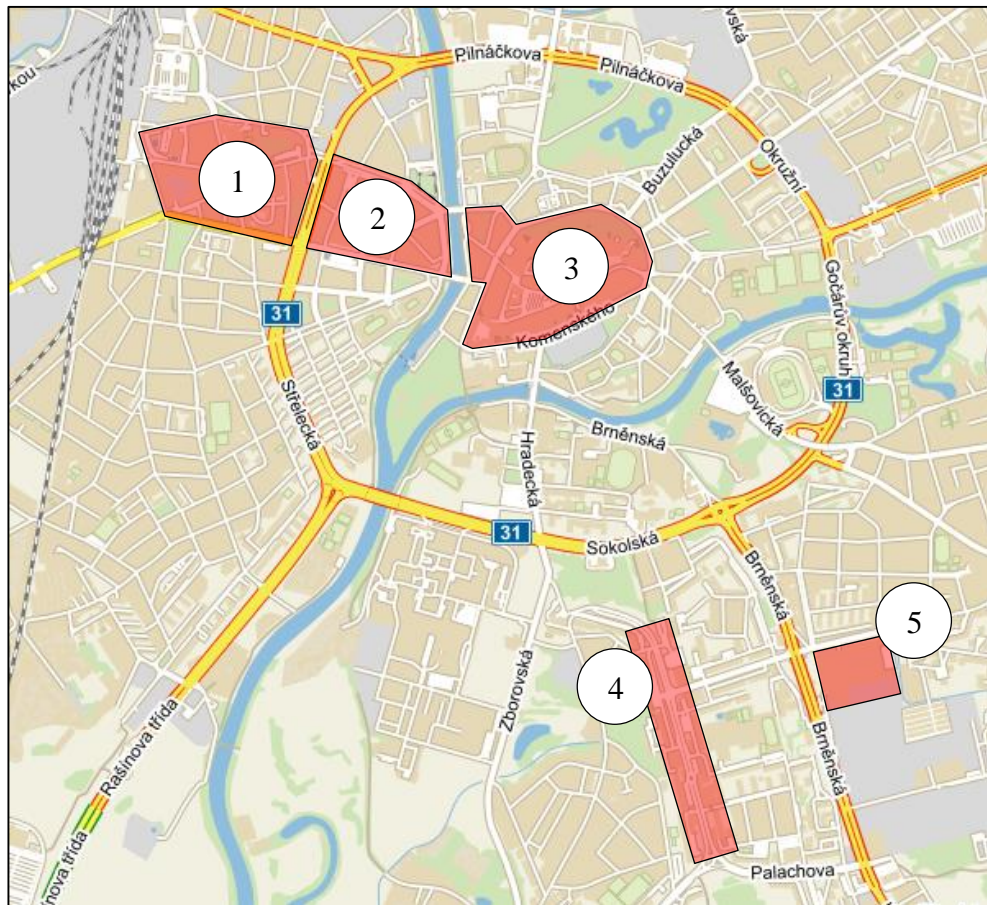
Při řešení problému obsluhy kyvadlovými jízdami jsou obsluhováni zákazníci, kteří se ve větším počtu nacházejí na geograficky menším území a kteří generují takové množství přepravních požadavků, že pro kompletní obsluhu všech zákazníků je třeba vykonat několik jízd OV. Na podkladě databáze (20) bylo identifikováno celkem 5 oblastí v Hradci Králové vhodných pro obsluhu kyvadlovými jízdami. K těmto územím náleží celkem 345 MJ vhodných k zařazení pro logistickou obsluhu v rámci CL. Počty MJ v jednotlivých oblastech jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9 Oblasti v Hradci Králové vhodné k obsluze kyvadlovými jízdami

Označení oblasti	Počet MJ
1	105
2	111
3	53
4	38
5	38

Zdroj: autor na podkladě (20)

Jednotlivé oblasti jsou graficky vyznačeny na obrázku 12. V diplomové práci je přistoupeno k modelování logistické obsluhy kyvadlovými jízdami pouze v oblasti číslo 2, ve které je situováno nejvíce MJ. Pro ostatní oblasti by postup byl analogický.



Obrázek 12 Oblasti v Hradci Králové vhodné k obsluze kyvadlovými jízdami

Zdroj: autor na mapovém podkladě (23)

V prvním kroku je třeba určit vyhrazená parkovací stání pro OV v dané oblasti. Jednotlivé jízdy OV jsou pak vedeny pouze mezi MDC a těmito parkovacími stáními. V souladu s požadavkem na minimalizování pohybů OV v dané oblasti a s ohledem na samotný roznos zboží je možné určit celkem 6 parkovacích stání, kterým je přiřazeno všech 111 MJ. Každá MJ musí náležet minimálně jednomu parkovacímu stání, ze kterého bude obsluhována. Omezujícími kritérii při lokalizaci parkovacích stání může být vzdálenost zákazníka od parkovacího stání nebo průměrné doručované množství zákazníkovi. Bližší charakteristika parkovacích stání v oblasti číslo 2 je uvedena v tabulce 10. Situování parkovacích stání je znázorněno v příloze C.

Tabulka 10 Parkovací stání v obsluze kyvadlovými jízdami

Označení	Ulice	Počet MJ
P-1	Třída Karla IV.	23
P-2	Bařkovo náměstí	27
P-3	Masarykovo náměstí	22
P-4	Náměstí Svobody	23
P-5	Ulice Mánesova	7
P-6	Ulrichovo náměstí	9

Zdroj: autor

V druhém kroku je nutné stanovit konkrétní MDC, ze kterého bude daná oblast obsluhována. Je třeba zvolit takové MDC, ze kterého bude při obsluze dosahováno minimálního jízdního výkonu. Je proto třeba určit a porovnat počet ujetých kilometrů při obsluze všech parkovacích stání v nejuvhodnějším pořadí pro obě MDC. K tomuto je možné využít matici vzdáleností, která určuje vzdálenosti mezi jednotlivými objekty (parkovacími stáními a MDC). Tato matice vzdáleností musí respektovat dopravní omezení ve městě (jednosměrné ulice, zákazy vjezdu) a jedná se tak o nesymetrickou matici. Pro definovaný model je matice vzdáleností vytvořena na mapovém podkladě (23) a je uvedena v tabulce 11.

Tabulka 11 Matice vzdáleností v obsluze kyvadlovými jízdami [km]

	MDC-1	MDC-2	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
MDC-1	0	6,1	2,6	2,9	2,9	2,7	2,9	2,6
MDC-2	6,1	0	4,6	4,3	4,6	4,4	4,2	3,9
P-1	2,8	4,8	0	1,6	1	0,8	1,3	1,3
P-2	3	4,4	0,8	0	1	0,8	0,6	0,6
P-3	2,8	4,2	0,4	0,5	0	0,4	0,4	0,5
P-4	3	4,4	0,6	0,7	0,2	0	0,6	0,6
P-5	2,9	4,3	0,7	0,4	0,9	0,8	0	0,6
P-6	2,7	4,1	1,2	0,4	0,7	0,6	0,3	0

Zdroj: autor na mapovém podkladě (23)

Pro MDC-1 je nejuvhodnější pořadí obsluhy parkovacích stání MDC-1 – P-6 – P-5 – P-2 – P-4 – P-3 – P-1 – MDC-1 při nájezdu 7,5 km a pro MDC-2 je pořadí obsluhy MDC-2 – P-6 – P-5 – P-2 – P-1 – P-4 – P-3 – MDC-2 při nájezdu 10,6 km. Z tohoto plyne, že pro obsluhu území je nejuvhodnější využívat MDC-1. Tyto pořadí obsluhy je možné stanovit např. pomocí softwarové aplikace VRP Spreadsheet Solver blíže představené v kapitole 4.3.

V dalším kroku je možné přistoupit k modelování obsluhy MJ v jednotlivých variantách definovaných v kapitole 4.1.2. Počet zákazníků obsluhovaných ve variantách A – C v jeden den z jednotlivých parkovacích stání je uveden v tabulce 12.

Tabulka 12 Počet zákazníků v jednotlivých variantách v obsluze kyvadlovými jízdami

Parkovací stání	Varianta A	Varianta B	Varianta C
P-1	23	6	2
P-2	27	16	3
P-3	22	13	5
P-4	23	12	3
P-5	7	5	3
P-6	9	5	3
Celkem	111	57	19

Zdroj: autor

Pro jednotlivé varianty obsluhy je možné určit celkový jízdní výkon OV při užití MDC-1 (viz tabulka 13).

Tabulka 13 Jízdní výkon obslužného vozidla v obsluze kyvadlovými jízdami [km]

	I	II	III	IV	V	VI
A	628,3	63,7	31	18,6	12,5	7,5
B	324,8	69,8	36,1	18,6	13,2	7,5
C	107,4	107,4	39,9	17,8	13,2	7,5

Zdroj: autor

Počty obrátů (nakládek) OV v jednotlivých variantách jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14 Počet obrátů obslužného vozidla v obsluze kyvadlovými jízdami

	I	II	III	IV	V	VI
A	111	11	6	3	2	1
B	57	12	6	3	2	1
C	19	19	7	3	2	1

Zdroj: autor

Důležitým technologickým ukazatelem, který má vliv na celkové náklady systému CL, je **počet vozidel potřebný pro obsluhu** n_v . Tento ukazatel je možné určit podle vztahu (7) a je vztažený k jednomu dnu.

$$n_v = \frac{T_o}{T} \quad [\text{počet}] \quad (7)$$

kde: n_v počet vozidel [počet],
 T_o celková doba obsluhy [h],
 T výpočetní čas [h].

Hodnota celkové doby obsluhy T_o je vypočítána podle vztahu (8). Jako výpočetní čas T je zvolen časový úsek v průběhu jednoho dne, po který je plánována obsluha zákazníků. Pro stanovení výsledné hodnoty potřebného počtu vozidel n_v je nutné vypočítanou hodnotu zaokrouhlit směrem nahoru.

$$T_o = T_n + T_j + T_m \quad [\text{h}] \quad (8)$$

kde: T_o celková doba obsluhy [h],
 T_n celková doba nakládky vozidel v MDC [h],
 T_j celková doba jízd vozidel [h],
 T_m celková doba manipulací u zákazníků [h].

Velikost jednotlivých veličin přímo závisí na množství distribuovaného zboží a počtu obsluhovaných zákazníků během jednoho dne. Celkovou dobu nakládky vozidel v MDC T_n je možné vypočítat podle vztahu (9).

$$T_n = n_n \cdot t_n \quad [\text{h}] \quad (9)$$

kde: T_n celková doba nakládky vozidel v MDC [h],
 n_n počet nakládek [počet],
 t_n průměrná doba trvání jedné nakládky [h].

Hodnota počtu nakládek n_n odpovídá počtu obrátů OV. Celková doba jízd OV T_j při obsluze je vypočítána podle vztahu (10).

$$T_j = \frac{l}{v} \quad [\text{h}] \quad (10)$$

kde: T_j celková doba jízd vozidel [h],
 l vzdálenost ujetá vozidly [km],
 v průměrná rychlost vozidla [km/h].

Celkovou dobu manipulací u zákazníků T_m je možné vypočítat podle vzorce (11).

$$T_m = n_z \cdot t_m \quad [\text{h}] \quad (11)$$

kde: T_m celková doba manipulací u zákazníků [h],
 n_z počet obsluhovaných zákazníků [počet],
 t_m průměrná doba trvání manipulací u jednoho zákazníka [h].

Jako další ukazatel je možné definovat **součinitel využití vozidla α** , který vyjadřuje míru využití vozidla během výpočetního času T . Tento ukazatel je možné vyjádřit podle vztahu (12). Ukazatel je vždy vztažen k nejméně využívanému OV z vozidlového parku (všechna ostatní vozidla jsou plně využita) a v podstatě vyjadřuje procento z času, po který je OV využíváno k obsluze zákazníků. Výsledné hodnoty ukazatele α se mohou pohybovat na intervalu $(0; 1)$. Hodnotu je třeba udržovat co nejbližší celému číslu směrem k hodnotě 1, aby dané OV bylo co nejvíce využíváno. Ve chvíli, kdy je hodnota ukazatele rovna celému číslu anebo je celé číslo „překročeno“, je nutné pořídit další OV, aby bylo možné v daném výpočetním čase T obsloužit všechny zákazníky. V takovém případě je nutné zvážit, zda využívání tohoto vozidla bude ekonomicky výhodné (bude využíváno v dostatečné míře) nebo zda bude výhodnější snížit počet obsluhovaných zákazníků. Volnou kapacitu je však možné využít k přepravě zboží mezi MDC na rozhraní vnitřního a vnějšího DS.

$$\alpha = n_v - [n_v] \quad [-] \quad (12)$$

kde: α součinitel využití vozidla [-],
 n_v počet vozidel [počet],
 $[n_v]$ dolní celá část počtu vozidel n_v [počet].

Pro potřeby modelu je pro výpočet výše uvedených ukazatelů třeba stanovit některé vstupní veličiny. Jedná se o:

- výpočetní čas T : 10 h,
- průměrná doba nakládky vozidla t_n : 0,5 h,
- průměrná rychlost vozidla v : 30 km/h,
- průměrná doba manipulací u jednoho zákazníka t_m : 0,0833 h (5 min).

Výpočty ukazatelů v obsluze kyvadlovými jízdami jsou uvedeny v elektronické příloze G. Výsledky těchto výpočtů jsou vyjádřeny v tabulce 15.

Tabulka 15 Výsledné hodnoty ukazatelů v obsluze kyvadlovými jízdami

Varianta	T_n	T_j	T_m	T_o	n_v	α
A-I	55,5	20,9	9,3	85,7	9	0,57
A-II	5,5	2,1	9,3	16,9	2	0,69
A-III	3	1,0	9,3	13,3	2	0,33
A-IV	1,5	0,6	9,3	11,4	2	0,14
A-V	1	0,4	9,3	10,7	2	0,07
A-VI	0,5	0,3	9,3	10,0	1	0,00
B-I	28,5	10,8	4,8	44,1	5	0,41
B-II	6	2,3	4,8	13,1	2	0,31
B-III	3	1,2	4,8	9,0	1	0,90
B-IV	1,5	0,6	4,8	6,9	1	0,69
B-V	1	0,4	4,8	6,2	1	0,62
B-VI	0,5	0,3	4,8	5,5	1	0,55
C-I	9,5	3,6	1,6	14,7	2	0,47
C-II	9,5	3,6	1,6	14,7	2	0,47
C-III	3,5	1,3	1,6	6,4	1	0,64
C-IV	1,5	0,6	1,6	3,7	1	0,37
C-V	1	0,4	1,6	3,0	1	0,30
C-VI	0,5	0,3	1,6	2,3	1	0,23

Zdroj: autor

4.3 Obsluha okružními jízdami

Smyslem obsluhy okružními jízdami je zajistit obsluhu MJ ležících mimo oblasti obsluhované kyvadlovými jízdami na území celého města. Hlavním cílem zde je minimalizovat celkový počet ujetých kilometrů a dobu obsluhy. Na podkladě databáze (20) byla vybrána

množina 85 MJ, které je vhodné zařadit do obsluhy okružními jízdami. V případě obsluhy okružními jízdami má smysl modelovat logistickou obsluhu zákazníků s využitím každého MDC zvlášť i dohromady.

Z důvodu velké výpočetní náročnosti je pro sestavení okružních jízd vhodné využít některou z dostupných softwarových aplikací. Pro potřeby diplomové práce autor přistoupil k využití aplikace **VRP Spreadsheet Solver** pracující v prostředí Microsoft Excel. Jedná se o otevřený software (open source) vyvinutý Dr. Güneşem Erdoğanem (University of Bath) v roce 2013 pro řešení problému okružních jízd. Tento rozšiřující modul tabulkového procesoru Microsoft Excel je možné volně používat a případně i dále modifikovat. K výpočtu okružních jízd je v této aplikaci využita metaheuristická metoda průzkumu velkého sousedství (Large Neighbourhood Search). Princip této metody spočívá v postupném prohledávání různých variant pořadí okružních jízd, kde výchozí varianta okružních jízd v každé iteraci je náhodně přetvořena na novou variantu, která je následně prozkoumána. Její výsledek je poté porovnán s nejlepší dosud zjištěnou variantou a lepší z těchto dvou variant je označena jako nejlepší varianta. (32), (33)

Základním vstupem pro řešení okružních jízd je matice vzdáleností, která vyjadřuje nejkratší vzdálenosti mezi každou dvojicí zákazníků a každým zákazníkem a MDC. Při počtu 85 MJ a dvojice MDC by takováto matice vzdáleností obsahovala 7 569 hodnot a její sestavení by tak bylo příliš komplikované. Z toho důvodu je vhodné jako obsluhovaná místa uvažovat jednotlivé ulice. Tím je počet obsluhovaných míst snížen z 85 na 21. Názvy těchto obsluhovaných ulic s informacemi o počtech MJ jsou uvedeny v tabulce 16. Situování ulic ve městě je znázorněna v příloze D. Při tomto zjednodušení je při výpočtech okružních jízd na jednotlivá obsluhovaná místa (ulice) nahlíženo jako na samostatné zákazníky. Tímto jsou dosažené výsledky mírně zkresleny vůči variantám modelu definovaných v kapitole 4.1.2. Pro ověření funkčnosti modelu a stanovení přibližného rozsahu provozu však toto zjednodušení nemá negativní vliv. Matice vzdáleností vytvořená autorem na mapovém podkladě (23) respektuje dopravní omezení ve městě (jedná se rovněž o nesymetrickou matici). Tato matice vzdáleností je uvedena v elektronické příloze H.

Tabulka 16 Obsluhované ulice v obsluze okružními jízdami

Ulice	Počet MJ
Antonína Dvořáka	1
Bezručova	1
Brněnská	1
Fráni Šrámka	1
Františka Halase	4
Gagarinova	2
Habrmanova	6
Milady Horákové	3
Mrštíkova	3
Nemocnice	5
Nerudova	3

Ulice	Počet MJ
Pospíšilova	11
Pražská třída	8
Průmyslová	4
Říční	1
Šimkova	2
Štefánikova	3
Třída SNP	12
Víta Nejedlého	8
Wonkova	5
Zámostí	1

Zdroj: autor

Pro výpočet okružních jízd v prostředí VRP Spreadsheet Solver je dále nutné stanovit některé vstupní parametry. Pro potřeby modelu jsou tyto parametry:

- průměrná rychlost obslužného vozidla: 30 km/h,
- vozidlový park je homogenní,
- průměrná doba obsluhy zákazníka: 3 minuty,
- průměrná doba nakládky obslužného vozidla v MDC: 30 minut,
- variabilní náklady obslužného vozidla na ujetý kilometr: 1,2 Kč/km,
- doba obsluhy: 8:00 hodin až 18:00 hodin,
- doba výpočtu: 1 minuta.

Výpočty jízdního výkonu pro jednotlivé varianty v obsluze okružními jízdami pomocí VRP Spreadsheet Solver jsou uvedeny v elektronické příloze I. Výsledky těchto výpočtů jsou shrnuty v tabulce 17.

Tabulka 17 Jízdní výkon obslužného vozidla v okružních jízdách [km]

MDC-1	I	II	III	IV	V	VI
A	158,9	80,7	55	32,6	30,8	26,4
B	86,6	57	42,2	27,1	25,2	21,3
C	55,3	55,3	35,9	23,6	22,5	18,7
MDC-2	I	II	III	IV	V	VI
A	139,9	80,6	51,4	32,6	29,4	26,4
B	101,2	59,5	44,5	28,5	24,5	21,5
C	71,3	71,3	40,6	26	24,2	18,7
MDC-1 a MDC-2	I	II	III	IV	V	VI
A	98,6	60,1	41,3	25,3	26,6	26,4
B	63,2	40,1	32,1	21,9	21,4	21,3
C	41,1	41,1	26,3	18,8	17,6	15,4

Zdroj: autor

Na základě vztahu (8) je možné stanovit časovou náročnost obsluhy MJ a následně na základě vztahu (7) také počet vozidel potřebný k obsluze MJ. Vstupní hodnoty pro výpočty těchto ukazatelů jsou:

- výpočetní čas T : 10 h,
- průměrná doba nakládky vozidla t_n : 0,5 h,
- průměrná rychlost vozidla v : 30 km/h,
- průměrná doba manipulací u jednoho zákazníka t_m : 0,05 h (3 min).

Výpočty ukazatelů celkové doby obsluhy T_o a dalších časových veličin, potřebného počtu OV pro zabezpečení obsluhy MJ n_v a součinitele využití OV α v jednotlivých variantách jsou uvedeny v elektronické příloze J. Výsledné hodnoty těchto ukazatelů v obsluze okružními jízdami jsou vyjádřeny příloze E.

4.4 Vyhodnocení modelu

Z vytvořeného modelu je získán orientační obraz rozsahu logistické obsluhy pro modelovanou množinu zákazníků v Hradci Králové. Byly jím získány důležité informace o jízdním výkonu, časové náročnosti logistické obsluhy a požadovaném počtu OV.

Je možné se domnívat, že v reálné aplikaci by pro daný počet zákazníků dostačovalo jedno až dvě OV pro zabezpečení obsluhy zákazníků v kyvadlových jízdách a jedno OV v obsluze okružními jízdami, neboť nastání krajních variant je obecně možné pokládat za nepravděpodobné. S postupem času by bylo možné systém dále rozšiřovat (zahrnout

všechny oblasti vhodné pro obsluhu kyvadlovými jízdami) a souběžně s tím, v závislosti na reálných požadavcích zákazníků, pořizovat další OV.

Důležitým výsledkem modelu je potvrzení možnosti použití elektrických vozidel pro distribuci zboží ve městě, neboť maximální dojezd takového OV na jedno nabití (130 km v případě vozidla Smith Electric Newton) je pro danou množinu zákazníků dostatečný. Je také možné pozorovat výhodu využití obou MDC v obsluze okružními jízdami v podobě úspory ujeté vzdálenosti. Součet všech celkem ujetých vzdáleností jednotlivých modelových variant je v případě obsluhy z MDC-1 855,1 km, v případě užití MDC-2 892,1 km a při užití obou MDC je suma celkových vzdáleností 638,6 km (jedná se o proměnlivé atrakční obvody).

Vytvoření takového modelu v obecné rovině vytváří předpoklady k posouzení náročnosti logistické obsluhy libovolné množiny zákazníků v libovolném městě. K modelování této náročnosti by však v reálné aplikaci bylo nutné co nejpřesněji definovat vstupní hodnoty průměrné doby nakládky vozidla t_n , průměrné rychlosti vozidla v a průměrné doby manipulací u zákazníka t_m . Při užití konstantních hodnot těchto veličin dochází k určitému zjednodušení nerespektující nepravidelnosti v provozu a další specifika. Posunutí modelu kvalitativně na vyšší úroveň by představovalo stanovit tyto hodnoty v závislosti na reálných podmínkách, kdy by byly zohledňovány různé rychlosti jízdy OV na různých úsecích dopravní sítě a individuální doby manipulací u jednotlivých zákazníků. V reálných podmínkách by navíc bylo třeba respektovat požadavky na bezpečnostní a jiné přestávky řidičů obslužných vozidel a jiných pracovníků.

Možnosti dalšího rozvoje navrženého modelu představuje také zohlednění reálných hodnot četností a velikostí dodávek u jednotlivých zákazníků. V takovém modelu by se dosáhlo výrazně přesnějších výsledků rozsahu logistické obsluhy. Jako velmi problematické se však v tomto ohledu jeví získání těchto hodnot. Další možnosti rozvoje modelu spočívají např. ve výpočtu celkových nákladů na obsluhu zákazníků nebo např. v modelování činností prováděných v MDC. Je však možné konstatovat, že pro určení přibližného rozsahu obsluhy je předložený model dostačující.

ZÁVĚR

Ekonomický a technologický vývoj dnes ve městech vytváří důvody pro hledání řešení nových problémů, které takovýto vývoj zákonitě přináší. V oblasti dopravy je jedním z nástrojů pro redukcii negativních vlivů disciplína zvaná city logistika. Ta je zaměřena na optimalizaci distribuce zboží v městském prostředí a svým působením dokáže snižovat počet jízd užitkových vozidel na pozemních komunikacích.

V diplomové práci byly představeny důvody pro realizaci city logistiky, cíle city logistiky, základní přístupy k její realizaci a především byla autorem diplomové práce navržena metodika zavádění city logistiky do prostředí libovolného města. Funkčnost této metodiky byla ověřena na modelu city logistiky v Hradci Králové, ve kterém byly některé myšlenky metodiky blíže specifikovány a některé nové byly definovány.

Zavedení city logistiky do prostředí libovolného města je finančně a technologicky velmi náročný proces, ve kterém není možné aplikovat odpovídající účinná opatření bez úzké spolupráce všech dotčených subjektů a bez podpory ze strany města a státní správy. Výhody, které city logistika přináší, jsou navíc poměrně subjektivní. Pozitiva, ve formě vyšší bezpečnosti a nižšího dopravního zatížení na pozemních komunikacích, čistšího ovzduší a celkově příjemnějšího prostředí k životu, nemusí dostatečně motivovat k vytvoření takového systému s porovnáním s náročností jeho implementace. A to i přesto, že tyto efekty by měly patřit mezi primární požadavky každého racionálně uvažujícího člověka. To je také zřejmě hlavní důvod, proč reálné zavádění city logistiky, v pojetí nastíněném v diplomové práci, bude v budoucnu aplikováno jen velmi pomalu. Pro dosažení maximálních pozitivních efektů je současně potřeba realizovat opatření i v dopravě osobní, což celý systém městské dopravy ještě více komplikuje.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) *BESTUFS Praktický průvodce nákladní dopravou ve městech – metodická příručka* [online]. BESTUFS consortium. [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: http://www.bestufs.net/download/BESTUFS_II/good_practice/Czech_BESTUFS_Guide.pdf
- (2) *City logistika přináší výhody, které je třeba vysvětlovat* [online]. České dopravní vydavatelství. [cit. 2015-10-05]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/logistika-spedice/city-logistika-prinasi-vyhody-ktere-je-treba-vysvetlovat>
- (3) BRŮHOVÁ-FOLTÝNOVÁ, H. *Doprava a společnost: ekonomické aspekty udržitelné dopravy*. Praha: Karolinum, 2009. 210 s. ISBN 978-80-246-1610-0.
- (4) CEMPÍREK, V., et. al. *Logistická centra*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2010. 139 s. ISBN 978-80-86530-70-3.
- (5) TANIGUCHI, E., THOMPSON, R.G., YAMADA, T. Recent Trends and Innovations in Modelling City Logistics. In: *The 8th International Conference on City Logistics* [online]. Bali: 2014. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281401489X>
- (6) NOVÁK, R., PERNICA, P., SVOBODA, V., ZELENÝ, L. *Nákladní doprava a zásilatelství*. Praha: ASPI, 2005. 412 s. ISBN 80-7357-086-6.
- (7) VOŽENÍLEK, V., STRAKOŠ, V., et. al. *City logistics*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. 192 s. ISBN 978-80-244-2317-3.
- (8) TANIGUCHI, E., FANG FWA, T., THOMPSON, R. G. *Urban Transportation and Logistics: Health, Safety and Security Concerns*. Boca Raton: CRC Press, 2014. 274 s. ISBN 978-1-4822-0911-2.
- (9) SIXTA, J., MAČÁT, V. *Logistika: teorie a praxe*. 2. vydání. Brno: Computer Press, 2010. 315 s. ISBN 80-251-0573-3.
- (10) TANIGUCHI, E., THOMPSON, R. G., YAMADA, T., VAN DUIN, R. *City logistics: Network Modelling and Intelligent Transport Systems*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2001. 264 s. ISBN 978-0-08-043903-7.
- (11) CEMPÍREK, V., KAMPF, R., ŠIROKÝ, J. SLIVONĚ, M. *Logistické a přepravní technologie*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2009. 198 s. ISBN 978-80-86530-57-4.
- (12) PERNICA, P. *Logistika pro 21. století (3. díl)*. Praha: Radix, 2005. 612 s. ISBN 80-86031-59-4.

- (13) SVÍTEK, M., et. al. *Metodika city logistiky: roční zpráva 2007* [online]. Praha: PBA International, 2008. 220 s. [cit. 2015-09-18]. Dostupné z: http://www.pbaprague.cz/projects/transport/city_logistics/city_logistika_zprava_2007_final.pdf
- (14) SVOBODA, V. *Doprava jako součást logistických systémů*. Praha: Radix, 2006. 152 s. ISBN 80-86031-68-3.
- (15) KYNCL, J. *Podnikání v silniční dopravě*. Praha: Grada Publishing, 2001. 169 s. ISBN 80-7169-743-5.
- (16) *Na počátku výstavby veřejných logistických center by měla stát místní iniciativa* [online]. České dopravní vydavatelství. [cit. 2015-10-31]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/logistika-spedice/na-pocatku-vystavby-verejnych-logistickych-center>
- (17) HROMÁDKO, J. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony*. Praha: Grada Publishing, 2012. 160 s. ISBN 978-80-247-4455-1.
- (18) VOLEK, J., LINDA, B. *Teorie grafů: aplikace v dopravě a veřejné správě*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. 192 s. ISBN 978-80-7395-225-9.
- (19) *Easycargo: plánujte nakládku efektivně* [online]. Bee Interactive. [cit. 2015-11-13]. Dostupné z: <http://www.easy-cargo.cz>
- (20) *Hradec Králové: oficiální stránky statutárního města* [online]. Magistrát města Hradec Králové. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.hradeckralove.org/hradec-kralove/map-maloobchod>
- (21) *Celostátní sčítání dopravy 2010* [online]. Ředitelství silnic a dálnic ČR. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://scitani2010.rsd.cz/pages/informations/default.aspx>
- (22) *Národní databáze brownfieldů* [online]. CzechInvest. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.brownfieldy.cz/areal-kukleny-hradec-kralove-40/>
- (23) *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz. [cit 2016-05-21]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- (24) SIXTA, J., ŽIŽKA, M. *Logistika: Metody používané pro řešení logistických projektů*. Brno: Computer Press, 2009. 238 s. ISBN 978-80-251-2563-2.
- (25) BULÍČEK, J. *Systémová analýza: studijní opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. 96 s. ISBN 978-80-7395-630-1.
- (26) RYDVAL, J. Návrh metodiky využití Saatyho metody párových porovnání v technické analýze akciových titulů. In: *Think Together 2016* [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: http://tt.pef.czu.cz/Files/7_printVersion_566.pdf

- (27) *Smith Vehicles: Models and Configurations* [online]. Smith Electric Vehicles. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <https://www.smithelectric.com/smith-vehicles/models-and-configurations/>
- (28) GALLO, J. P., TOMIĆ, J. *Battery electric parcel delivery truck testing and demonstration* [online]. 2. vydání. Pasadena: CalHEAT Research Center, 2013. 180 s. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: http://www.calstart.org/Libraries/CalHEAT_2013_Documents_Presentations/Battery_Electric_Parcel_Delivery_Truck_Testing_and_Demonstration.sflb.ashx
- (29) *Nový Ford Transit* [online]. Ford Motor Company. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.ford.cz/Commercialvehicles/Transit>
- (30) *Ceník Sprinter 2015/2016* [online]. Mercedes-Benz Česká republika. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://mercedes.soliter.com/cs/pdf/sprinter/index.html#p=1>
- (31) *H350 Van* [online]. Hyundai Motor Czech. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.hyundai.cz/modely/h350-van>
- (32) ERDOĞAN, G. *VRP Spreadsheet Solver* [software]. Listopad 2013. [přístup 2016-03-23]. Dostupné z: <http://verolog.deis.unibo.it/vrp-spreadsheet-solver>
- (33) PISINGER, D., ROPKE, S. Large neighborhood search. In: *Department of Computer Science* [online]. University of Copenhagen. [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://www.diku.dk/~sropke/Papers/lns.pdf>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Výhody a nevýhody alternativních pohonů a paliv

Příloha B Vzor dotazníku

Příloha C Situování parkovacích stání v obsluze kyvadlovými jízdami

Příloha D Ulice obsluhované okružními jízdami

Příloha E Výsledné hodnoty ukazatelů v obsluze okružními jízdami

Příloha F Výpočet volby obslužného vozidla metodou WSA (elektronická příloha)

Příloha G Výpočet ukazatelů v obsluze kyvadlovými jízdami (elektronická příloha)

Příloha H Matice vzdáleností v obsluze okružními jízdami (elektronická příloha)

Příloha I Výpočet jízdního výkonu v obsluze okružními jízdami (elektronická příloha)

Příloha J Výpočet ukazatelů v obsluze okružními jízdami (elektronická příloha)

PŘÍLOHY

Příloha A Výhody a nevýhody alternativních pohonů a paliv

Tabulka 1 Výhody a nevýhody alternativních pohonů

Pohon	Výhody	Nevýhody
Elektromobily na baterie	<ul style="list-style-type: none"> • V místě provozu neprodukují žádné škodlivé emise • V podstatě nulová hlučnost • Příznivá výkonová charakteristika • Vyšší účinnost než konvenční paliva (až 90 % oproti 30 % – 40 %) • Nízké provozní náklady • Není potřeba převodovka 	<ul style="list-style-type: none"> • Velká hmotnost akumulátorů • Malý dojezd na jedno nabití • Malý jízdní výkon • Vyšší pořizovací cena (drahé akumulátory) • Malá životnost akumulátorů • Hrozí větší nebezpečí při havárii • Emise při výrobě elektřiny
Hybridní pohon	<ul style="list-style-type: none"> • Využití výhod dvou nebo více zdrojů energie • Nízké emise • Nízká spotřeba paliva • Rekuperace energie při brzdění 	<ul style="list-style-type: none"> • Vyšší cena • Technicky složitější • Vyšší hmotnost

Zdroj: autor na podkladě HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony. Praha: Grada Publishing, 2012, 160 s. ISBN 978-80-247-4455-1

Tabulka 2 Výhody a nevýhody alternativních paliv

Palivo	Výhody	Nevýhody
CNG	<ul style="list-style-type: none"> • Nízké emise pevných částic, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků • Snížení emisí oxidu uhličitého až o 25 % • Bez emisí oxidu siřičitého • Větší kultivovanost a úroveň hluku (až o 50 %) • Větší bezpečnost oproti vozidlům na benzín, naftu nebo LPG • Nulová silniční daň pro užitková vozidla do 12 tun • Vyšší životnost motoru 	<ul style="list-style-type: none"> • Vyšší pořizovací cena (přestavba nebo sériová výroba) • Menší dojezd (do 250 km) • Nutné revize plynového zařízení • Snížení výkonu motoru u přestavěných motorů

Palivo	Výhody	Nevýhody
LNG	<ul style="list-style-type: none"> • Větší dojezd oproti CNG, • Vysoce čisté palivo s minimem škodlivých látek • Bezpečnější provoz • Vysoká hustota energie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uchování za velmi nízkých teplot • Odpar z nádrže při delší odstávce vozidla • Složitější a nákladnější technologie oproti CNG
LPG	<ul style="list-style-type: none"> • Nízké provozní náklady • Zvýšení životnosti motoru (nevytváří se karbonové usazeniny) • Díky tomu větší dojezd • Lepší kultivovanost • Snížení hlučnosti motoru 	<ul style="list-style-type: none"> • Vyšší počáteční investice na přestavbu • Mírné snížení výkonu motoru • Nutná každoroční revize plynového systému • Zákaz vjezdu do podzemních garáží
Bioplyn	<ul style="list-style-type: none"> • Vlastnosti shodné se zemním plynem 	<ul style="list-style-type: none"> • Nestabilní produkce (obecně je v létě bioplynu přebytek a v zimě nedostatek) • V dopravě málo využíván • Na životnost motoru má velký vliv čistota bioplynu (nákladné)
Vodík	<ul style="list-style-type: none"> • Velmi nízká spotřeba paliva • Emise pouze oxidů dusíku (NO_x), které je navíc možné snížit technologií recirkulací spalin • Při přímém spalování vodíku v konvenčním pístovém motoru možnost kombinace s benzínem 	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoké náklady na výrobu • Většina světové produkce vodíku vyrobena s využitím fosilních paliv • Problémy se skladováním ve vozidle
Biopaliva	<ul style="list-style-type: none"> • Obnovitelné zdroje energie • Snížení závislosti na dovozu ropy • Nižší produkce oxidu uhličitého 	<ul style="list-style-type: none"> • Pěstování a úprava vstupních surovin (rostlin) je energeticky náročný proces

Zdroj: autor na podkladě HROMÁDKO, Jan. Speciální spalovací motory a alternativní pohony. Praha: Grada Publishing, 2012, 160 s. ISBN 978-80-247-4455-1

Příloha B Vzor dotazníku

Dotazník – analýza zásobování maloobchodů v Hradci Králové

1. Název firmy (provozovny), adresa:

2. Jaké typy přepravních jednotek při zásobování využíváte?

(Příklad: přepravky, krabice, palety, sudy, pytle apod.)

3. Charakterizujte dodavatelský řetězec.

4. Ve kterých dnech, v jaký čas a jakým množstvím zboží obvykle probíhá zásobování Vaší prodejny?

Pondělí

Úterý

Středa

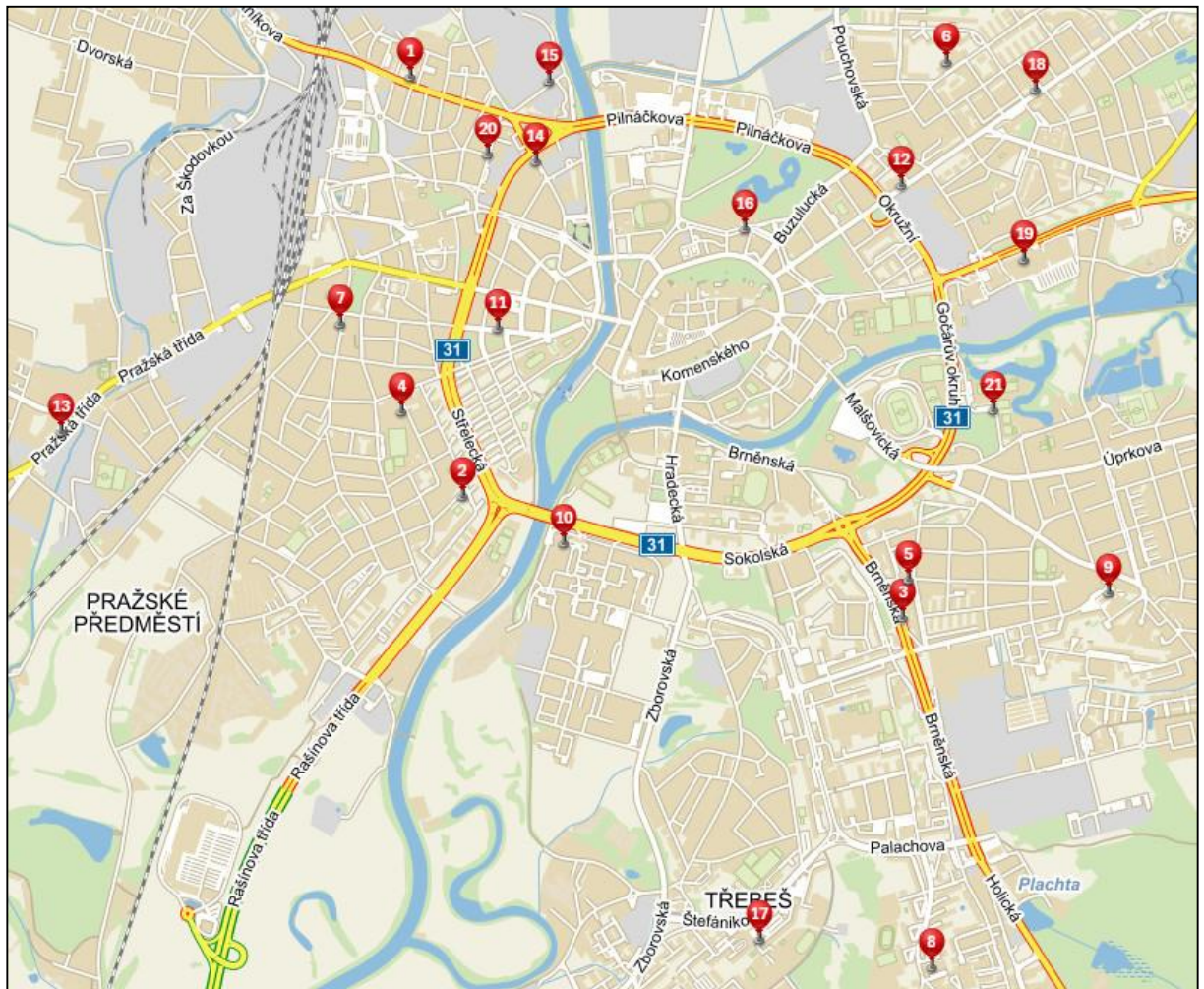
Čtvrtek

Pátek

Sobota

Neděle

Příloha D Ulice obsluhované okružními jízdami



Legenda:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1 – Antonína Dvořáka | 12 – Pospíšilova |
| 2 – Bezručova | 13 – Pražská třída |
| 3 – Brněnská | 14 – Průmyslová |
| 4 – Fráni Šrámka | 15 – Říční |
| 5 – Františka Halase | 16 – Šimkova |
| 6 – Gagarinova | 17 – Štefánikova |
| 7 – Habrmanova | 18 – Třída SNP |
| 8 – Milady Horákové | 19 – Váta Nejedlého |
| 9 – Mrštíkova | 20 – Wonkova |
| 10 – Nemocnice | 21 – Záměstí |
| 11 – Nerudova | |

Zdroj: autor na mapovém podkladě Mapy.cz

Příloha E Výsledné hodnoty ukazatelů v obsluze okružními jízdami

Tabulka 1 Hodnoty ukazatelů pro MDC-1

Varianta	T_n	T_j	T_m	T_o	n_v	α
A-I	10,5	5,30	4,25	20,05	3	0,005
A-II	5,5	2,69	4,25	12,44	2	0,24
A-III	3	1,83	4,25	9,08	1	0,91
A-IV	1	1,09	4,25	6,34	1	0,63
A-V	1	1,03	4,25	6,28	1	0,63
A-VI	0,5	0,88	4,25	5,63	1	0,56
B-I	7	2,89	1,95	11,84	2	0,18
B-II	3,5	1,90	1,95	7,35	1	0,74
B-III	2,5	1,41	1,95	5,86	1	0,59
B-IV	1	0,90	1,95	3,85	1	0,39
B-V	1	0,84	1,95	3,79	1	0,38
B-VI	0,5	0,71	1,95	3,16	1	0,32
C-I	4,5	1,84	0,7	7,04	1	0,70
C-II	4,5	1,84	0,7	7,04	1	0,70
C-III	2,5	1,20	0,7	4,40	1	0,44
C-IV	1	0,79	0,7	2,49	1	0,25
C-V	1	0,75	0,7	2,45	1	0,25
C-VI	0,5	0,62	0,7	1,82	1	0,18

Zdroj: autor

Tabulka 2 Hodnoty ukazatelů pro MDC-2

Varianta	T_n	T_j	T_m	T_o	n_v	α
A-I	10,5	4,66	4,25	19,41	2	0,941
A-II	5,5	2,69	4,25	12,44	2	0,24
A-III	3	1,71	4,25	8,96	1	0,90
A-IV	1	1,09	4,25	6,34	1	0,63
A-V	1	0,98	4,25	6,23	1	0,62
A-VI	0,5	0,88	4,25	5,63	1	0,56
B-I	7	3,37	1,95	12,32	2	0,23
B-II	3,5	1,98	1,95	7,43	1	0,74
B-III	2,5	1,48	1,95	5,93	1	0,59
B-IV	1	0,95	1,95	3,90	1	0,39
B-V	1	0,82	1,95	3,77	1	0,38
B-VI	0,5	0,72	1,95	3,17	1	0,32
C-I	4,5	2,38	0,7	7,58	1	0,76
C-II	4,5	2,38	0,7	7,58	1	0,76
C-III	2,5	1,35	0,7	4,55	1	0,46
C-IV	1	0,87	0,7	2,57	1	0,26
C-V	1	0,81	0,7	2,51	1	0,25
C-VI	0,5	0,62	0,7	1,82	1	0,18

Zdroj: autor

Tabulka 3 Hodnoty ukazatelů pro MDC-1 a MDC-2

Varianta	MDC	Tn	Tj	Tm	To	n _v	α
A-I	MDC-1	5,5	1,83	1,7	9,03	2	0,903
	MDC-2	5	1,45	2,55	9,00		0,900
A-II	MDC-1	2,5	0,95	2,5	5,95	2	0,595
	MDC-2	3	1,05	1,75	5,80		0,580
A-III	MDC-1	1,5	0,78	2,25	4,53	1	0,453
	MDC-2	1,5	0,60	2	4,10		0,410
A-IV	MDC-1	0,5	0,36	1,5	2,36	1	0,236
	MDC-2	0,5	0,48	2,75	3,73		0,373
A-V	MDC-1	0,5	0,36	1,5	2,36	1	0,236
	MDC-2	0,5	0,52	2,75	3,77		0,377
A-VI	MDC-1	0,5	0,88	4,25	5,63	1	0,563
	MDC-2	0	0,00	0	0,00		0,000
B-I	MDC-1	4	1,19	0,8	5,99	2	0,599
	MDC-2	3	0,92	1,15	5,07		0,507
B-II	MDC-1	2,5	0,88	1,25	4,63	1	0,463
	MDC-2	1,5	0,46	0,7	2,66		0,266
B-III	MDC-1	1,5	0,61	0,8	2,91	1	0,291
	MDC-2	1	0,46	1,15	2,61		0,261
B-IV	MDC-1	0,5	0,33	0,7	1,53	1	0,153
	MDC-2	0,5	0,40	1,25	2,15		0,215
B-V	MDC-1	0,5	0,51	1,75	2,76	1	0,276
	MDC-2	0,5	0,20	0,2	0,90		0,090
B-VI	MDC-1	0,5	0,71	1,95	3,16	1	0,316
	MDC-2	0	0,00	0	0,00		0,000
C-I	MDC-1	3	0,86	0,4	4,26	1	0,426
	MDC-2	1,5	0,51	0,3	2,31		0,231
C-II	MDC-1	3	0,86	0,4	4,26	1	0,426
	MDC-2	1,5	0,51	0,3	2,31		0,231
C-III	MDC-1	1,5	0,56	0,4	2,46	1	0,246
	MDC-2	1	0,32	0,3	1,62		0,162
C-IV	MDC-1	1	0,55	0,65	2,20	1	0,220
	MDC-2	0,5	0,08	0,05	0,63		0,063
C-V	MDC-1	1	0,51	0,65	2,16	1	0,216
	MDC-2	0,5	0,08	0,05	0,63		0,063
C-VI	MDC-1	0,5	0,44	0,65	1,59	1	0,159
	MDC-2	0,5	0,08	0,05	0,63		0,063

Zdroj: autor