**Univerzita Pardubice**

**Dopravní fakulta Jana Pernera**

# Diplomová práce

**2018** **Pavlína Vágnerová**

**Univerzita Pardubice**

**Dopravní fakulta Jana Pernera**

# Implementace systémů city logistiky na bázi cyklistické dopravy ve vybraném městě

**Bc. Pavlína Vágnerová**

**Diplomová práce**

**2018**

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2017/2018

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

| | |
|---|---|
| Jméno a příjmení: | **Bc. Pavlína Vágnerová** |
| Osobní číslo: | **D16001** |
| Studijní program: | **N3708 Dopravní inženýrství a spoje** |
| Studijní obor: | **Technologie a řízení dopravy** |
| Název tématu: | **Implementace systémů city logistiky na bázi cyklistické dopravy ve vybraném městě** |
| Zadávající katedra: | **Katedra technologie a řízení dopravy** |

Zásady pro vypracování:

Úvod
1. Analýza systémů využívajících cargo bike
2. Návrh aplikace systémů ve vybraném městě
3. Zhodnocení návrhu
Závěr

Rozsah grafických prací: **4 - 5**

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**1. Taniguchi, E. City Logistics: Modelling, Planning and Evaluation. New York: Routledge, 2015. ISBN 978-1-138-88545-5.**
**2. Volek, J.; Linda, B., Teorie grafů - Aplikace v dopravě a veřejné správě. Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-225-9.**
**3. CEMPÍREK, V., et. al. Logistická centra. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2010. 139 s. ISBN 978-80-86530-70-3.**
**4. ČERNÁ, A.: Metody operačního managementu, 1. vydání, 213 stran, Praha, Vysoká škola ekonomická Praha, Nakladatelství Oeconomica, 2008, ISBN 978-80-245-1325-6.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Andrea Seidlová, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **5. února 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2018**

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 5. února 2018

Prohlašuji:

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

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 18. 5. 2018 Pavlína Vágnerová

# PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucí své diplomové práce paní Ing. Andree Seidlové, Ph.D. za poskytnuté konzultace, věnovaný čas a odborný dohled při tvorbě této diplomové práce. Ráda bych poděkovala panu Bc. Vojtěchu Machovi za mnoho nových pohledů, materiály a poskytnutý čas na konzultace o problematice týkající se využití jízdních kol v city logistice. Poděkování patří také panu Ing. Martinovi Kříbalovi z Institutu plánování a rozvoje hl. m. Prahy, který z pohledu specialisty koncepce dopravy mi poskytl potřebné kontakty týkajících se řešení cargo kol v České republice. Dále bych chtěla poděkovat za přiblížení problematiky z pohledu dopravního inženýrství a intenzit dopravy panu Ing. Martinovi Ptáčkovi působícím na oddělení architektonické a urbanistické koncepce na Magistrátu města Pardubice.

**ANOTACE**

Diplomová práce analyzuje stávající podmínky z pohledu city logistiky se zaměřením na využití nákladních kol. Na základě této analýzy a analýzy současných podmínek v daném městě je vytvořen obecný návrh city logistického modelu pro sledované město Pardubice s využitím cargo kol. Závěrem práce je zhodnocení návrhu pro město Pardubice.

**KLÍČOVÁ SLOVA**

city logistika, distribuční centrum, konsolidace zásilek, nákladní kola, Pardubice

**TITLE**

Implementation of city logistics systems focus on cycling transport in the chosen city

**ANNOTATION**

The thesis analyzes the current conditions of city logistics connecting with using cargo bikes. Based on this analysis and analysis of the current conditions in the city is created a general design of the city logistics model for the chosen city of Pardubice with the use of cargo bikes. The conclusion of the thesis is the evaluation of the design for the chosen city of Pardubice.

**KEYWORDS**

city logistics, consolidation of parcels, distribution center, freight bikes, Pardubice

**OBSAH**

**SEZNAM OBRÁZKŮ** ..... 10

**SEZNAM TABULEK** ..... 11

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK** ..... 12

**ÚVOD** ..... 13

**1 Analýza systémů využívajících cargo bike** ..... 14

1.1 Zahraniční systémy ..... 14

1.1.1 The Green Link ..... 15

1.1.2 Systém poskytovaný společností Emakers ..... 16

1.1.3 City logistika v Kodani ..... 17

1.1.4 Systém v San Sebastian ..... 17

1.1.5 UPS a jeho využití nákladních kol ..... 18

1.1.6 Londýnský Gnewtcargo ..... 18

1.2 Systémy v České republice ..... 19

1.2.1 Messenger v Praze ..... 19

1.2.2 Systém cargo bike v Českých Budějovicích ..... 20

1.3 Zhodnocení nekonvenčních systémů CL ..... 20

**2 Analýza stávající situace v Pardubicích** ..... 22

2.1 Analýza dopravních a přepravních procesů v Pardubicích ..... 22

2.2 Dotazníkové šetření o pohybu zásilek ..... 24

2.3 Možné varianty systému v Pardubicích ..... 25

2.3.1 Samostatný koncept ..... 25

2.3.2 Aplikace systému Messenger ..... 26

2.3.3 Návaznost na DHL ..... 27

2.4 Ovlivnění CL městského dopravního systému ..... 27

**3 Podklady pro model obsluhy vybrané oblasti** ..... 30

3.1 Vozidlový park ..... 30

3.2 Vstupní kritéria pro lokaci depa....34
3.2.1 Vstupní informace pro lokaci depa v Pardubicích....34
3.2.2Vhodná metoda pro optimalizaci lokace depa....35
3.3 Vstupní kritéria pro určení tras....39
3.3.1 Vhodná metoda pro určení optimalizace tras....40
3.3.2 Využití CW metody pro výpočet okružních jízd....41
**4 Aplikace systémů ve vybraném městě**....45
4.1 Technologický proces systému CL v Českých Budějovicích....45
4.2 Implementace systému na město Pardubice....46
**5 Zhodnocení návrhu**....49
5.1 Úspora emisí $CO_2$....49
5.2 Dopad CL systému na udržitelný rozvoj ve městě....50
5.3 Vliv progresivního růstu e-commerce na CL....51
**ZÁVĚR**....53
**SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ**....54
**SEZNAM PŘÍLOH**....57

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Mapa „zelených dep“ ..... 15
Obrázek 2 City cargo bike v Barceloně ..... 16
Obrázek 3 Gnewtcargo systém v Londýně ..... 19
Obrázek 4 Elektrokolo v provozu v Českých Budějovicích ..... 20
Obrázek 5 Četnost zásilek jednotlivých zásilkových společností ..... 24
Obrázek 6 Mapa atrakčního obvodu ..... 29
Obrázek 7 Model nákladního kola Maxpro Eco cargo XL ..... 33
Obrázek 8 Dopravní síť pro lokaci depa v Pardubicích ..... 36
Obrázek 9 Mapa s orientovaným grafem ..... 37
Obrázek 10 Princip výpočtu výhodnostního koeficientu ..... 40
Obrázek 11 Atrakční obvody Českých Budějovic a Pardubic ..... 47
Obrázek 12 Parkovací stání v Polabinách ..... 48
Obrázek 13 Porovnání uhlíkové stopy ..... 49
Obrázek 14 Cíle udržitelné mobility v prostředí CL ..... 50

# SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Srovnání systémů v zahraničí a ČR ..... 21
Tabulka 2 SWOT analýza samotného konceptu ..... 26
Tabulka 3 SWOT analýza Messengeru ..... 26
Tabulka 4 SWOT analýza návaznosti na DHL ..... 27
Tabulka 5 Ohodnocená kritéria ..... 31
Tabulka 6 Váhy a typ kritérií ..... 32
Tabulka 7 Ohodnocení rozměrů boxu ..... 32
Tabulka 8 Kriteriální matice cargo bikes ..... 33
Tabulka 9 Dopravní proudy do centra Pardubic ..... 37
Tabulka 10 Charakteristika potencionálních dep ..... 38
Tabulka 11 Lokace depa na základě výpočtu ..... 39
Tabulka 12 Požadavky zákazníků ..... 41
Tabulka 13 Distanční matice v km ..... 42
Tabulka 14 Hodnoty výhodnostních koeficientů ..... 42
Tabulka 15 Počáteční řešení CW metody ..... 43
Tabulka 16 Výsledná posloupnost trasování kol ..... 44
Tabulka 17 Technologický proces nakládky kola ..... 46
Tabulka 18 Portfolio zákazníků ..... 51

# SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|---|---|
| CL | City logistika |
| DHL | Dallsey, Hillblom a Lynn |
| FedEx | Federal Express |
| MDC | Městské distribuční centrum |
| ODL | Open Door Logistics |
| TGL | The Green link |
| WSA | Weithed Sum Approach (Metoda váženého průměru) |

# ÚVOD

Z důvodu vysokého nárůstu urbanizace dochází ke zvýšení poptávky po dopravní obslužnosi ve městech. Nákladní i osobní doprava z hlediska zvýšení průmyslových a ekonomických aktivit přetěžuje silniční infrastrukturu ve městech a hlavně v centrech velkoměst. City logistika řeší problematiku nákladní dopravy v daných městech a to tím, že je na ní nahlíženo jako na komplexní systém.

V současnosti, kdy je čas nejdražší komoditou, je tento systém možností snížení času při přepravě zásilek, ale také je možnost snížit množství emisí, které by byly vyprodukovány, kdyby systém nebyl zaveden a musela by silniční vozidla obhospodařit danou lokalitu. V České republice jsou již zavedeny zkušební provozy systémů, které byly inspirovány zahraničím. V práci bude řešena analýza city logistických systémů ze zahraničí a z České republiky, dále jsou analyzovány podmínky pro zavedení systému ve vybraném městě. Návrhy podkladů se zabývají výběr nákladního kola, vytvoření depa a trasování vozidel. Závěrem práce implementuje vypočítané hodnoty na město Pardubice, kde je i zhodnocení vybraného systému a jsou srovnány výhody a nevýhody jeho zavedení.

**Cílem diplomové práce je vytvořit návrh pro zavedení City logistického systému ve vybraném městě Pardubice, kde součástí návrhu je výběr optimálního kola, lokace depa a optimalizace tras rozvozu zásilek.**

# 1 Analýza systémů využívajících cargo bike

Systémy City logistiky jsou implementovány mnohem více v západní Evropě, než je tomu tak v České republice (dále jen ČR) , kde s pojmem City logistika (dále jen CL), tedy městská logistika je polemizováno až v posledním desetiletí. V mnohých evropských státech jsou již vytvořeny systémy a koncepty udržitelnosti dopravy, které přináší vyšší kvalitu života v dané aglomeraci. Podle Evropského projektu nazývaného Cyclelogistics poslední záznamy uvádí, že více než 51% motorizovaných cest za účelem distribuce zboží v evropských městech je možné přesunout na kola nebo na nákladní kola. Tento údaj je jen pro ilustraci, lokálně v každém městě to může být značně odlišné. (8) Do systémů uvedených v této kapitole, které se řadí mezi nekonvenční způsoby distribuce zbožív rámci CL, jsou převážně zaváděna city cargobikes, tedy nákladní kola. Kola jsou poháněna elektrickou energií nebo využitím fyzické lidské síly. Ve většině systémů byla kola doplněna i elektrickými minidodávkami, pro rychlejší chod distribuce zboží a pro zásilky s vyšší hmotností.

Pro ucelené zavedení distribuce zboží pomocí cyklistické dopravy je nutné vytvořit dílčí vniřní dopravní systémy CL, které ve většině měst jsou kombinovány pro ucelenou obslužnost. Obecně se jedná o následující technologie:

- Městská distribuční centra (dále jen MDC),
- optimalizace oběhu,
- organizace dopravy na pozemních komunikacích,
- nekonvenční způsoby distribuce zboží. (4)

Mimo tyto technologie se dají implementovat technologie jako jsou Hub and Spoke a kombinovaná doprava. V rámci analyzovaných systémů ve většině měst byla využita kombinace technologií MDC s nekonvenčními způsoby distribuce zboží.

Obecným problémem zavádění této metodiky CL je finanční náročnost, což je ve většině případů charakterizováno jako negativum zavádění konkrétních metodik. Je nutné začít studií v daném městě, vytipovat dodavatele a spotřebitele, kteří by byli na systém napojeni a samotné postavení MDC. Zakoupení kol a vozidel většinu korporátních zásilkových společností odrazuje. Avšak ve všech systémech jsou hlavními cíli snížení hluku, redukce kongesce, substituce dopravních prostředků za Cargo bikes, časová úspora pro obchodníky, dobrá image firem a další.

## 1.1 Zahraniční systémy

S problematikou CL se zabývá většina aglomerací na celém světě. Veškeré níže zmíněné systémy vznikli z důvodu řešení situace distribuce zboží v daných městech a z důvodu

zaměření zasílatelských společností a městských orgánů na větší ohledy vůči životnímu prostředí.

### 1.1.1 The Green Link

The Green link (dále jen TGL) neboli zelená linka je charakterizován projet, který se zabývá tzv. last mile deliveries, tedy distribuci zásilek koncovým zákazníkům v dodavatelském řetězci, a to pomocí lépe udržitelných dopravních prostředků s menším vlivem na životní prostředí, zejména elektrickými dodávkami a nákladními koly. Partneři projektu jsou zástupci ze sedmi západních států Evropy, jejichž snahou je identifikování problémů a možností na zlepšení „last mile" v distributorském řetězci a tím využívat nekonvenční způsob distribuce zboží v těchto zemích. Pilotní projekty byly aplikovány v Belgii, Francii, Nizozemí a Velké Británii. Nejedná se jen o změnu typu doručování zásilek, ale i o změnu chování cílových skupin a zlepšení veřejného sektoru. (7)

V Paříži fungují 3 depa nazývaná „zelená depa", která jsou zásobována mimo dopravní špičku obecně nákladními vozy buď společnosti TGL nebo jejich klienty. Rozmístění dep je znázorněno na Obr. 1, kde jedno z dep je zásobeno pomocí vodní cesty po Seině, z nichž dochází k nakládání zásilek do nákladních kol. Společnost disponuje 28 nákladními koly, které si sama vyrobila, mají kapacitu 1.5 -2,1 $m^3$, váží 100 kg a ložná hmotnost činí 200 kg, při hmotnosti 30 kg na jednu zásilku. Nákladní kolo je schopno jet max. 25 km/h a dojezdová vzdálenost na jedno nabití baterie je 20 km. Finanční náročnost tohoto projektu byla následující: pořizovací cena kola - 7000 EUR, údržba kola 10EUR na 1 pracovní den, pojištění, účetnictví a management, 60 zaměstnanců. (6) Mezi své klienty řadí DHL, FedEx, TNT, Coca Cola a další.

Obrázek 1 Mapa „zelených dep"

Zdroj: (7)

Rozvoz zásilek je zajištěn pomocí aplikace, která optimalizuje trasu na základě následujících parametrů:

- Minimalizace délky tras,
- brát ohled na specifika dopravního prostředku,
- minimalizace doby na jednu cestu,
- minimalizace zastávek v rámci jedné cesty, za účelem profitu.

Z tohoto sledovaného systému je možnou inspirací pro vybrané město v ČR vlastní HUBy (depa), velikost přepravovaných zásilek i parametry kol. Všechny tyto postřehy mohou být příkladem pro výběr jízdních nákladních kol ve sledovaném městě v ČR.

### 1.1.2 Systém poskytovaný společností Emakers

Emakers jako společnost byla založena ve Španělsku v roce 2012 třemi zakladateli a nyní je spojena se společností Redyser, která je majoritním distributorem přepravy zásilek ve Španělsku. V rámci CL je cílem zajištění doručování zásilek z internetových obchodů zejména společností Nespresso, Fnac, Massimo Dutti, PullandBear, Stradivarius, a Bershka. Hlavním důvodem implementace je efektivní využívání doručení zásilek typu B2C (Business to customers) a to nákladními koly (viz. Obr. 2.). Majitelé firem v daných aglomeracích vidí velkou výhodu ve zvýšení image společnosti, že je aktivní v budování udržitelnosti životního prostředí. (5)

Systém byl zaveden v Barceloně, Madridu, Zaragoze, Valencii a dalších španělských městech, dále také v Londýně. Umožňuje po online objednávce přes jejich internetové stránky přepravit zásilku do 30 kg v rámci města nákladními koly s dodáním do 60 minut a další výhodou oproti konkurenci je osobní doručení do 22 hod.

Obrázek 2 City cargo bike v Barceloně

Zdroj: (5)

Tento systém je využíván převážně pro konečné zákazníky společnosti E-commerce. Princip spočívá v nákupu na internetu jejich klientů, kdy je zásilka přímo doručena do domu po online objednávce, a tedy Emakers zastupuje přepravní firmu. Z tohoto důvodu není systém vhodné použít jako vzor pro tuto práci, protože autorka se zaměřuje na vytvoření systému pro přepravu zásilek od zasílatelských společností konečnému zákazníkovi v sledovaném městě.

### 1.1.3 City logistika v Kodani

V Kodani pro zlepšení udržitelnosti dopravy v rámci CL bylo zrealizováno konsolidační centrum, do kterého proudí veškeré toky zboží a až z něho jsou konsolidovány dané zásilky do historického centra města pomocí nákladních kol nebo mini dodávek. Mezi hlavní výhody patří snížení hluku, kongesce a znečištění v rámci historického centra města, zmenšení denních dodávek obchodníkům (časová úspora a lehčí plánování), atd. Hlavním cílem realizace tohoto konceptu bylo otestovat minimalizaci vlivu nákladní dopravy na životní prostředí, snížit kongesce a zlepšit servis pro obchody a dopravní společnosti. S tímto konceptem začali v roce 2012 s užitnou plochou 1000 $m^2$. (3) Mezi dopravní prostředky patří nákladní jízdní kola, dodávky a nákladní automobily, všechna poháněna na elektrický pohon. Nyní se jedná o soukromou firmu, která chce expandovat do dalších měst nejen v rámci Dánska, ale i do celé Evropy.

Charakterizované konsolidační centrum, které bylo zrealizováno v Kodani, bude také sloužit jako inspirace pro vybrané město, kde bude docházet ke konsolidaci zásilek na jedno místo od všech dodavatelů (potencionálních klientů), z kterého bude distribuováno zboží k příslušným zákazníkům pomocí nákladních jízdních kol.

### 1.1.4 Systém v San Sebastian

Z důvodu vysokých kongescí v centru španělského města San Sebastian, vznikla společnost pod názvem Txita, která disponuje s nákladními koly jako prostředkem distribuce zásilek koncovým zákazníkům v dodavatelském řetězci. Vzniklo konsolidační centrum o rozloze 500 $m^2$, z kterého jsou zásilky konsolidovány do dopravního proudu nákladními koly. (3) Systém je provozován městem San Sebastian a jeho cílem je vozit zásilky všem progresivním společnostem, které zajímá jejich uhlíková stopa. Mezi významné klienty patří tyto společnosti: Gupost, SD Logística, SEUR (člen DPD), a další.

Tento koncept projektu může být inspirací pro navrhovaný model obsluhy sledovaného města v této práci, kde v kapitole č. 2 je vytvořena analýza stávajících podmínek podle tohoto modelu, a to s možností spolupráce s městskými odbory.

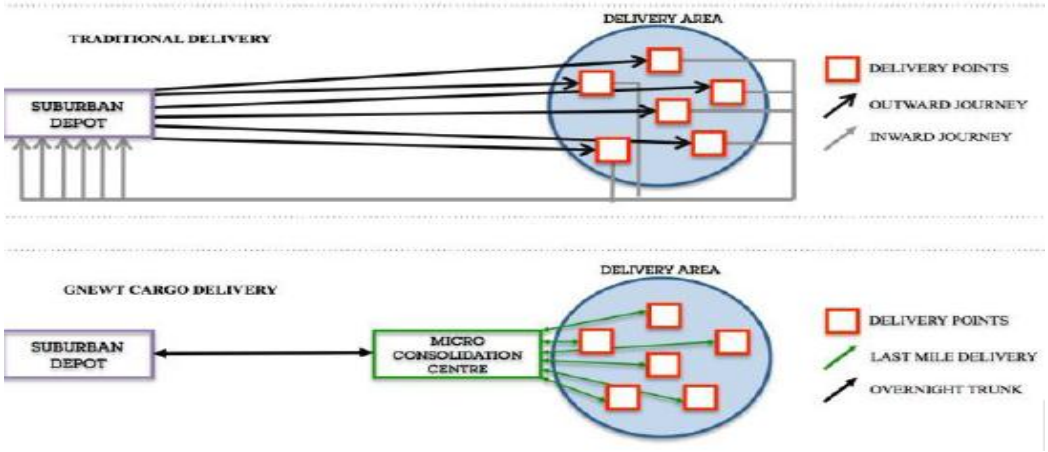
### 1.1.5 UPS a jeho využití nákladních kol

UPS využívá nákladní kola ve třech evropských městech Dublinu, Hamburgu a Leuvenu. Systém byl původně implementován v Hamburgu, až později pro úspěch v dalších dvou městech a cílem je redukce 150–200 motorových vozidel denně z centra města. (9) Konkrétně v Hamburgu je koncept postaven na 3 hlavních bodech, kde jsou umístěny kontejnery, z kterých pak pracovníci třídí zásilky na další den jejich rozvozu. Zmíněné kontejnery jsou ISO kontejnery, které jsou celé černé a ukazují tak i logo společnosti, což je skvělý marketing pro firmu. Výhodou UPS je, že již mají velkou síť zákazníků a díky dobrému jménu společnosti s tímto konceptem chtějí prorazit a využít potenciál cyklistické nákladní dopravy.

### 1.1.6 Londýnský Gnewtcargo

Tato společnost byla založena jako start-up neboli firma s rychlým startem specializující se na distribuci zásilek tzv. zelenou logistikou. Již po 3 měsících byla profitující a ukázala, že kombinaci distribučního centra a elektrických dodávek a nákladních kol, jako vozový park, vytvořila efektivní progresivní CL systém. Celý systém je postaven na elektrických dodávkách, které z malého konsolidačního centra rozvážejí zásilky po centru Londýna. V květnu 2010 byl systém v Londýně implementován a využití konsolidačního centra a výměny dieselových dodávek za dodávky elektrické a dále náhrady některých dodávek za elektrické tříkolky vedlo ke snížení o 20 % celkově ujeté vzdálenosti v přepočtu na zásilku. Také ekvivalent $CO_2$emisi byl o 54 % nižší v květnu 2010, než v říjnu 2009.

Hlavními cíli společnosti je snížení ujeté cestovní vzdálenosti a snížení emisi v přepočtu na zásilku, které jsou na obr. 3 znázorněny černými šipkami. Distribuční systém před zavedením fungoval tak, že z mimoměstského distribučního centra byly rozváženy zásilky k zákazníkům. Tím, že se vytvořilo malé distribuční centrum v blízkosti doručovací oblasti, kde z mimoměstského centra nočním nákladním vozem jsou doručovány zásilky do malého doručovacího centra a zelenými šipkami jsou znázorněny pokračující zásilky přímo zákazníkům pomoci Gnewtcargo vozidlového parku v rámci doručovací oblasti.




Obrázek 3 Gnewtcargo systém v Londýně

Zdroj: (16)

Jejich vozidlový park je vyroben ve Francii, kde hmotnost nákladní tříkolky je 110 kg. Může odvézt až 180 kg (1,5 $cm^3$). Rozměry jsou 2,35 m na délku a 1,03 m na šířku a dokáže jet až 15 km/h a je potřeba čtyřhodinové nabíjení na plnou kapacitu dvou baterií. Elektrické dodávky jsou schopny uvézt až 445 kg o (3 $cm^3$). Baterie je potřeba nabít přes noc.

Výhodami tohoto systému jsou podpora místních autorit a rentabilita vzniklé firmy již po třech měsících. Tento koncept sloužil jako příklad pro další systémy tohoto druhu. V návaznosti na sledované území v této práci je uvažováno realizovat malé depo blízko atrakčního obvodu obsluhovaného území a využití jen cyklistické dopravy.

## 1.2 Systémy v České republice

Inspiraci již je možné sledovat i v ČR, kde společnost Messenger již testovala v roce 2016 nákladní jízdní kolo v rámci své obsluhované sítě zákazníků v Praze. Dále společnost DHL outsourcuje dopravu pomocí nákladního jízdního kola od soukromého dopravce v Českých Budějovicích.

### 1.2.1 Messenger v Praze

Momentálně disponuje společnost 4 standardními a 2 elektrickými nákladními koly, na kterých přepravují zásilky po širším centru města Praha zahrnující Staré město, Nové město, spodní Smíchov, část Holešovic, Karlín, Vinohrady, část Nuslí a Žižkova. Typy zásilek jsou zejména větší, které se nevejdou do kurýrního batohu, v němž jinak vozí zásilky jejich cyklisté a museli by být doručeny autem. Zároveň denně operátoři nákladních kol Messengeru jsou schopni vyzvednout a doručit několik desítek zásilek z/do centra města z/do jejich depa v Holešovicích. (11) Do konce roku 2018 by měl být zpracován plán CL pro hlavní město Praha. Tento plán je již nutností, z důvodu nedostatku parkovacích míst v centru

města a také z důvodu neumožnění vjezdu ani zásobovacím vozidlům ve většině ulic v historickém centru města.

### 1.2.2 Systém cargo bike v Českých Budějovicích

Dalším městem v ČR, kde je zahrnuté nákladní jízdní kolo ve vozidlovém parku v rámci CL jsou České Budějovice, kde ve spolupráci s nadnárodní společností DHL Express, využívají jedno kolo o celkové užitné hmotnosti 250 kg pro distribuci zásilek. Podle tiskové zprávy společnosti DHL je odhadovaná úspora emisí $CO_2$ ročním provozem tohoto kurýrního elektrokola cca 1,3 tuny. Během zavádějícího měsíce února roku 2016 kurýr najezdil téměř 300 km. Celkem rozvezl téměř 500 zásilek, kdy v depu se zastavil 4krát a průměrně každý den s elektrokolem rozvezl 24 zásilek. (15) Na obr. 4 je možné vidět cargo kolo v provozu, při předání zásilky konečnému zákazníkovi.

Obrázek 4 Elektrokolo v provozu v Českých Budějovicích

Zdroj: Autorka

## 1.3 Zhodnocení nekonvenčních systémů CL

Analýza byla vytvořena z důvodu průzkumu, jak jsou v zahraničí implementovány CL systémy s využitím cyklistické dopravy a srovnání daných systémů z pohledu investice, jakou rozlohu obhospodařují a dalšími faktory, které jsou zmíněny v tabulce 2. Sledovaným a důležitým faktorem je, zdali systém je po zavedení stále aktivní, nebo se jednalo pouze o studii či projekt v rámci reklamy logistické společnosti v návaznosti na životní prostředí.

Tabulka 1 Srovnání systémů v zahraničí a ČR

| | Vznik | Typ systému | Depa | Počet nákladních kol | Jiné dopravní Prostředky | Provozní doba | Investice Mil. Kč | Ziskovost | Aktivní |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **The Green link** | 2016 | kola | 3 | 28 | 6 | 6-18 | - | Ano | Ano |
| **Emakers** | 2013 | kola + dodávky | 2 | 5 | ne | 6-20 | 0,5 | ano | ano |
| **Kodaň** | 2012 | MDC | 1 | 0 | 24 | 24hod | - | ano | ano |
| **San Sebastian** | 2012 | kola | 1 | 14 | 11 | 6-22 | - | Ano | Ano |
| **UPS Hamburg** | 2014 | kola | 3 | 10 | 24 | 5-17 | - | ano | ano |
| **Citylogis** | 2012 | kola + dodávky | 1 | 1 | 6 | 6-12 | 27 | Ano | ano |
| **Gnewtcargo** | 2009 | kola + dodávky | 2 | - | ano | - | - | ano | Ano |
| **Messenger** | 2016 | Kola | 1 | 4 | Ano | 8-17 | - | ano | ano |
| **DHL v ČB** | 2016 | kola | 1 | 1 | ne | 11-15 | 0,1 | ano | Ano |

Zdroj: Autorka s využitím (5), (6), (7), (8)

Hlavní cíle implementace těchto systémů byly problémy vzniklé distribucí zboží typu vysoký hluk, znečištění pozemních komunikací, nedostatek parkovacích míst, dále nehodovost, znečištění vzduchu a emise. Strategické cíle zaváděných systémů jsou:

- Zvýšení efektivity-produktivity logistických procesů,
- vylepšení firemní image,
- snížení znečištění emisemi,
- snížení skleníkového efektu,
- vytvoření nové společnosti s novými pracovními místy,
- sociálně podnikatelský vztah.

Tyto cíle jsou naplánovány tehdy, pokud je systém aktivní, a tak jak byl navržen, tak i funguje. Také s ohledem na městskou politiku a správu je výhodné spolupracovat například s odbory pro životní prostředí, dopravy, plánování a řízení. Pak je možné vyjednat s městem a daným příslušným odborem například parkovací místa speciálně vyhrazená pro vozový park poháněný elektrickou energií. Tato spolupráce již funguje v Londýně spojená s daným CL systémem nebo ve španělském San Sebastianu.

# 2 Analýza stávající situace v Pardubicích

V návaznosti na vybrané město je důležité, aby daná aglomerace a její orgány implementovaly do městského dopravního systému udržitelnou dopravu, kterou charakterizuje komplexní udržitelnost v kombinaci životního prostředí, ekonomiky, sociálního a společenského blahobytu. (1) Doprava jako taková velmi ovlivňuje dopravní politiku v daném městě. V CL je posuzována ze dvou hledisek, jedním z nich je pozitivní hledisko, že obyvatelé mají přístup ke zboží a službám v daném městě a z druhého pohledu tedy negativního, je řešen problém znečištění ovzduší emisemi a problém hluku.

V následujících podkapitolách je uvedena analýza stávajících podmínek pro dané město, kde jsou Pardubice charakterizovány z dopravního a urbanistického hlediska a jsou uvedeny faktory, které ovlivňují city logistiku. Urbanistické hledisko je zde charakterizováno z důvodu zjištění dané poptávky po možném aplikovaném systému. Pro city logistický systém s využitím jízdních nákladních kol autorka zvolila město Pardubice, z důvodu velmi dobré, struktuálně a dynamicky řešené infrastruktury pro cyklistickou dopravu.

## 2.1 Analýza dopravních a přepravních procesů v Pardubicích

Je důležité správně definovat a poznat současný stav poptávky po dopravě v Pardubicích a analyzovat všechny předpoklady, které ovlivní její budoucí vývoj. Obecné nároky na dopravu v přepravě zboží ovlivňují převážně tyto faktory:

- Rozložení surovinových, materiálových a energetických zdrojů,
- systém zásobování města a regionu,
- systém distribuce a produkce malých a středních podniků města,
- rozložení obsluhované prodejní sítě, případně sítě skladů. (10)

Z uvedeného seznamu faktorů jsou pro daný systém důležité pouze některé body. V Pardubicích je velké množství logistických firem, které obhospodařují danou lokalitu spotřebním zbožím. Díky blízkosti dvou krajských měst jsou surovinové, materiálové i energetické zdroje v úzké korespondenci s městem Hradec Králové, proto i většina zásilkových společností (DHL, PPL, DPD, ...) má depo v Březhradu, který je napojen na dálnici D11, která má počátek přepravních proudů zásilek v Praze.

Jedná se o krajské město Pardubického kraje, které leží zhruba 100 km východně od Prahy, tedy poblíž dálnice D11 a také velkou výhodou ve smyslu logistiky je pouhá 20km vzdálenost od dalšího významného krajského města Hradce Králové. Díky dobudování úseku dálnice D11 a čtyřproudové komunikace I/37 do Pardubic byla

zvýšena konkurenceschopnost trhu v kraji ve sféře industriálních nemovitostí. Proto v rámci logistiky je velmi příhodná blízkost nadnárodních společností a jejich logistická aktivita. V rámci mimo městské logistiky je nutno zmínit tyto společnosti, které disponují sklady pro distribuci zboží nejen v rámci Pardubického kraje. Patří mezi ně společnosti, jako jsou DB Schenker, Česká pošta s depem na hlavním nádraží a Toptrans Přeprava zásilek, které nabízejí spediční služby. Avšak tyto společnosti nebyli osloveny, protože již mají zavedený svůj systém distribuce zboží a jsou také zaměřeny na jiný druh zásilek.

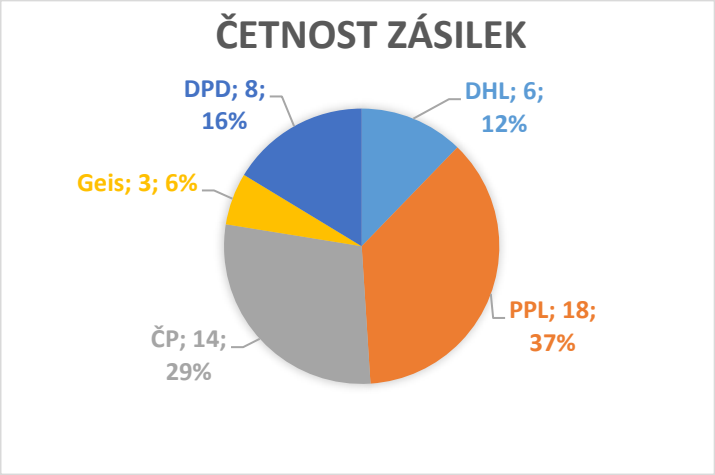
Ve městě Pardubice žije přes 90 tisíc obyvatel, což je o polovinu méně lidí, než je tomu tak ve španělském městě San Sebastian, kde jsou v rámci CL využívána nákladní jízdní kola. Počet je ale srovnatelný se systémem fungujícím v Českých Budějovicích. Obecně v Pardubickém kraji za rok 2016 byly přepravní proudy v rámci silniční dopravy 21 034,5 tisíc tun. (11) I přesto implementace daného systému vyžaduje rozsáhlou analýzu po poptávce služby rozvozu zásilek pomocí jízdních nákladních kol. K této stávající podmínce autorka vytvořila a zrealizovala dotazník, který je přiložen k práci jako Příloha I. Hlavním důvodem byla analýza způsobů přepravy zásilek v rámci kamenných obchodů a jaké přepravní jednotky obchody využívají. Tento dotazník slouží pouze k identifikaci potencionálního portfolia zákazníků, kteří by měli zájem o zavedený systém. Práce se bude dále zabývat zásilkovými společnostmi, které mají větší potenciál poptávat po této službě.

Na podporu bezpečné cyklistické dopravy ve městě mohou být charakterizovány tyto specifické nástroje v rámci dopravního inženýrství ve spolupráci s Magistrátem města Pardubice, které má ambice investovat do inovace cyklistické infrastruktury. Patří sem rozsáhlý systém samostatných cyklistických stezek, kde je kladen důraz na udržování a koordinovaný systém značení pro cyklisty. Možným nástrojem je úprava na křižovatkách, kam se dají zařadit tyto prvky: priorita světelné signalizace (tzv. „zelená vlna“, synchronizovaná na rychlost cyklisty) a barevně označené cyklistické pruhy na křižovatkách. Podporou může být funkce zklidňování dopravy, pro kterou je specifické omezení rychlosti, cyklistické ulice a „Homezones“, což znamená přizpůsobení ostatních druhů dopravy, právě cyklistické a pěší. (1) Tyto zmiňované systémy jsou využívány především v Severo-západních státech, ale slouží jako inspirace pro navrhovaný systém v Pardubicích. Je nutné zmínit, že v rámci atrakčního obvodu není nutné pro řidiče cargo kola využívat vyhrazenou komunikaci pouze pro cyklisty, řidič se může pohybovat i na pozemní komunikaci v běžném motorizovaném provozu.

## 2.2 Dotazníkové šetření o pohybu zásilek

Největším vlivem ovlivňujícím stávající podmínky v Pardubicích je přepravní poptávka, která je odvozena od potřeb zákazníků o rozvozu zboží v daných obchodech. Je definovaná volbou proč, kam, kdy, jakým druhem dopravního prostředku a jakou cestou se dostat k cíli. Metoda zjišťování údajů o dávkách v přepravní poptávce je v této práci zvolena průzkumem, a to dotazováním. V dotazníku se sledovaly typy zásilek v obchodech v centru města Pardubic a potencionální zájem o rozvoz zásilek pomocí nákladních jízdních kol.

Dotazník je přiložen k této práci jako Příloha A, byl zaměřen na zjišťování pohybu zásilek ve vybrané oblasti Pardubic. Oblast, kde byl dotazník uskutečněn jsou prodejny na Třídě Míru, v ul. Palackého a ul. Smilova, dále pak na obyvatele těchto částí. Dotazník zahrnuje 4 základní otázky, kde tyto informace jsou stěžejními indikátory jako vstupy pro podklady k řešení systému. V první otázce je dotaz zaměřený na počet zásilek doručených k zákazníkovi a jakou zásilkovou společností. Tuto informaci je nutné zohlednit v rámci konkurenceschopnosti na trhu pro CL systém s využitím jízdních nákladních kol. Na obrázku 5 je znázorněn graf četností zásilek jednotlivých zásilkových společností, které obhospodařují respondenty z dotazníku, kteří jsou uvedeny v tabulce v příloze B i s jejich odpovědi na další 3 otázky popsané níže.




Obrázek 5 Četnost zásilek jednotlivých zásilkových společností

Zdroj: Autorka

Druhá a třetí otázka spolu souvisí, protože se jedná o časové rozmezí, kdy nejčastěji obdrží zásilku a kdyby si mohli vybrat v jakém čase by uvítali, aby zásobování probíhalo. Je překvapující, že většina zákazníků je spokojena s časem dodání zásilek, a proto by neměnila dodací čas. Poslední otázkou se sledovalo zjištění, jakým způsobem kurýři zásobují zákazníky. Otázka byla kladena z důvodu lepší přehlednosti, v jakých oblastech je jaká

přístupnost ke konečnému zákazníkovi. Tento dotazník byl již druhý v pořadí, jelikož první nebyl dostačující ani konkrétní pro vstupní údaje do návrhové části pro lokaci depa a optimalizaci tras. Byl zaměřen jen na pohyb zboží do prodejen v centru města, kde většina majitelů mají své vlastní dodavatele, kteří zásobují prodejny nejen v Pardubicích, ale i v dalších městech po celé ČR. Dotazník byl hodnotný v uvědomění si, že zákazníkem nemůžou být jednotlivé prodejny, a to z důvodu nedostatku pravidelnosti zásobování a velikosti zásilek ku dopravnímu prostředku cargo kol. Proto autorka oslovila firmy, které již tento systém v ČR využívají jako Messenger a DHL Express. V další kapitole je použitá SWOT analýza k výběru vhodného zákazníka pro danou službu v Pardubicích.

K prvnímu dotazníku se respondenti (převážně majitelé prodejen) dodatečně ptali, jaká by byla cena a časový harmonogram dané služby. Tyto dvě kritéria jsou stěžejními pro tvoru systému CL v Pardubicích, ale dalším faktorem je velikost a váha zásilky, protože bude manipulováno pomocí cargo kol s omezenou kapacitou. Optimalizací ceny a doby dodání by dané řešení mohlo vyhovovat, a to co největšímu počtu potencionálních zákazníků.

## 2.3 Možné varianty systému v Pardubicích

Po přepravní poptávce, jako stěžejního ovlivňujícího faktoru v daném systému, je nutné zmínit i faktor, který souvisí s formou dodání zásilek do depa. Po průzkumu trhu a možnostech spolupráce, autorka uvede tři možnosti, jak by mohl být systém zaveden a jak by mohl fungovat. Zvolila formu SWOT analýzy, tedy soustředila se na silné a slabé stránky možností spolupráce a následně i příležitosti a hrozby v návaznosti na daný systém. Cílem této analýzy je zhodnotit, který koncept systému by byl nejvhodnější pro implementaci v Pardubicích. Analýzou se sleduje, který z konceptů bude vhodným vstupem pro vytvoření návrhu daného systému v Pardubicích, kde tento návrh bude zhodnocen v kapitole 3.

### 2.3.1 Samostatný koncept

V tabulce 3 jsou zmíněny body systému, který by fungoval jako samostatná firma. Na základě této studijní analýzy by mohla vzniknout nová firma, která by obhospodařila celé území. Tedy určité portfolio zákazníků by figurovalo jako hlavní distributoři pro vybranou oblast města Pardubice. Jako pařížský systém Greenlink, kde ostatní logistické společnosti vozí zásilky pro své zákazníky do depa, z kterého se konsolidují nákladními koly ke konečnému zákazníkovi. Nová firma by figurovala jako další dopravce v logistickém řetězci a tvořila by pro danou oblast lukrativní způsob přepravy zboží, kdy se v současném období hodně přechází na alternativní způsob dopravy, nebo se využívají elektricky poháněná vozidla. Důležitým sledovaným kritériem je dostatečné množství zásilek pro dané území.

Tabulka 2 SWOT analýza samotného konceptu

| **Silné stránky** | **Slabé stránky** |
|---|---|
| Vlastní koncept firmy | Žádné zkušenosti |
| Vytvoření nových pracovních míst | Vysoká počáteční investice |
| Koordinace vlastního podnikání | Nutnost stálých objednávek |
| **Příležitosti** | **Hrozby** |
| Možnost růstu na trhu | Nízký počet klientů |
| Inspirace pro další města v ČR | Neprofitní období |

Zdroj: Autorka

Z této analýzy vyplývá, že velkým rizikem pro zavedení tohoto konceptu je nedostatek klientů, tedy zásilek pro rozvoz v rámci města Pardubice. Portfolio zákazníků z dotazníkového šetření, kteří by využili rozvoz zásilek v rámci města není dostačující pro provoz cargo bike. Je nutnost pro fungování a rentabilitu mít stálé zakázky od dopravce, který již má zákazníky v Pardubicích.

### 2.3.2 Aplikace systému Messenger

Tabulka 4 uvádí možné výhody a nevýhody návaznosti již zavedeného systému na možnost realizace ve městě Pardubice. I když je tento koncept převážně na bázi doručování poštovních expresních zásilek v rámci firem či malých balíčků, kde je rychlejší expresní dodání na kole, než převoz autem.

Tabulka 3 SWOT analýza Messengeru

| **Silné stránky** | **Slabé stránky** |
|---|---|
| Orientace v oboru | Nízká kapacita kol pro malé zásilky |
| Důvěra velkých a stabilních společností | Závislost na politice dané firmy |
| **Příležitosti** | **Hrozby** |
| Snadnější možnost expanze do dalších měst | Konkurence od ostatních společností |
| Zlepšení image firmy | Malá poptávka z důvodu velikosti města |

Zdroj: Autorka

Výsledkem SWOT analýzy je velkou hrozbou to že není zde poptávka firem po doručení malých listovních zásilek přes kurýrní službu, protože jsou Pardubice podstatně menším městem než Praha.

### 2.3.3 Návaznost na DHL

V návaznosti na první kapitolu, kde byl zmíněn systém společnosti UPS, je využíván v Českých Budějovicích podobný koncept, který je popsán v kap. 1.2.2 a je přiblížen celkový systém využívaný tohoto systému na jihu ČR. Formou SWOT analýzy je vytvořena tabulka 5, která uvádí možnost využití tohoto systému na sledovaném území v Pardubicích.

Tabulka 4 SWOT analýza návaznosti na DHL

| **Silné stránky** | **Slabé stránky** |
|---|---|
| Zkušenosti z jiných měst | Jiná mentalita zákazníků |
| Již zavedený systém | Závislost na politice dané firmy |
| Stálost objednávek | Nejbližší depo v Březhradu |
| **Příležitosti** | **Hrozby** |
| Využití Pardubic jako expanze do dalších českých měst | Nesplnění cílů zavádějícího systému |

Zdroj: Autorka

Možným výstupem SWOT analýzy z tabulky 4 je zřejmé, že tento koncept má potenciál pro danou oblast v Pardubicích, jediným nedostatkem je, že nejbližší depo je v Březhradu, tudíž je nutnost lokalizovat depo v Pardubicích pro konsolidaci zásilek určených na poslední míli z klasické dieselové dodávky na elektrické cargo kolo.

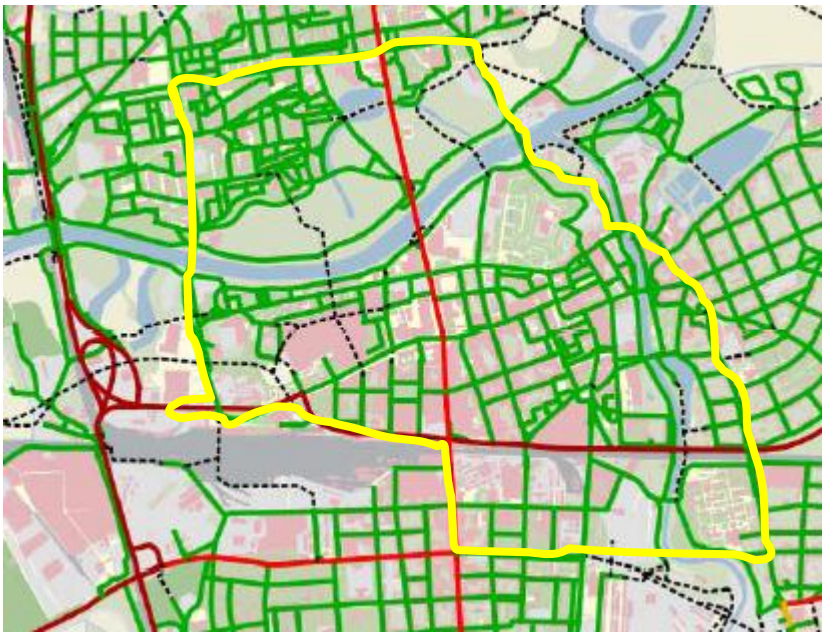
## 2.4 Ovlivnění CL městského dopravního systému

Dopravní systém je ovlivňován následujícími faktory: ekonomické aktivity, vliv životního prostředí, přístupnost a mobilita, sociální faktory a spotřeba paliv a energií. (19) Vazby mezi jednotlivými faktory jsou interaktivní s informačními toky mezi těmito třemi důležitými aspekty: kvalita dopravy, technologická kapacita dopravy a logistická objednávka po dopravě. (10) Každý jednotlivý aspekt klade nároky na funkčnost celého systému synchronně. Čím větší efekty přináší doprava v oběhových procesech podnikových a národohospodářských, tím větší je zájem obou sfér vkládat do jejího rozvoje a inovovat zavedené systémy.

Očekávanými výstupy nově zavedených systémů jsou za prvé vznik distribučního centra (dále jen depa) a dále překládka zásilek na dopravní prostředky s nulovými emisemi na přepravu zásilek v rámci „poslední míle“. Vstupní kritéria a požadavky budou vymezeny v následující 3.2 kapitole. Regulačním opatřením je začlenění CL s nulovými emisemi do procesů i veřejných zakázek ve městě a z toho další využívání nákladních jízdních kol. Díky těmto změnám vzniklo již několik pilotních studií zaměřených na možnosti skladování, IT řešení a doručení zboží do domu realizované ve spolupráci s více jak 200 společnostmi, které na podporu zvýšení povědomí konečných uživatelů využívají samolepky pro označení přepravovaných zásilek.

Na obrázku 5 je znázorněna mapa atrakčního obvodu, který je vyznačen žlutým obrysem využitelnosti cargo kola ve městě Pardubice. V kapitole 2.5.2 jsou vypsány potřebné údaje k lokaci depa. Z důvodu dobrého napojení na město je atrakční obvod znázorněn ve sledované lokalitě Pardubice centrum, tedy městských částí: část Polabin od řeky po ulici Bělehradská, Zelené předměstí, Bílé předměstí a Staré město, končící ulicí Strossovou a prostory nemocnice, ulice Jana Palacha protínající ulici Pichlova. Město Pardubice ve svém plánovaném územním plánu směřuje k investicím pro vytvoření hustší sítě cyklostezek a obecně do cyklistické infrastruktury.

V tomto obvodu je velmi hustá cyklistická infrastruktura, která je dopravně-inženýrsky řešená jako cyklostezky spojené s chodníkem pro chodce, nebo jsou na silnici vodící pruhy, které označují prostor pro cyklisty. V atrakčním obvodu jsou v jednosměrných ulicích jsou povoleny vjezdy cyklistům v protisměru proti automobilům. Na obrázku jsou zeleně vyznačeny místní komunikace a červenou barvou silnice I. třídy.



Obrázek 6  Mapa atrakčního obvodu

Zdroj: Autorka na mapovém podkladě, (20)

V kapitole č. 3 je specifikovaný postup určení dep a jejich vstupy, které jsou nutné pro jejich výpočet. V souvislosti s depy a jejich implementaci do systému, mohou být vytvořeny tři varianty, které byly konzultovány se zastupiteli z Magistrátu města Pardubice. A to využití prázdné plochy a tam vystavění menšího depa pomocí kontejnerů, což je již aplikováno v Kodani společností UPS. Další možností je pronájem místa s halou, nebo již vystavěnou budovou, která se dá také pronajmout, nejlépe od města. A třetí alternativou je umístění depa v garážních prostorech, kde jedno patro by bylo vyhrazeno pouze pro překládku, tedy nakládku a vykládku zásilek. Pro všechny varianty nejvýznamnějším sledovaným kritériem je posouzení z pohledu snadného vjezdu a výjezdu pro nákladní vozy, a dalším aspektem, jak je umožněno konsolidovat zásilky. Každá z těchto variant přináší další výdaje za pronájem, či koupi daného pozemku či budovy.

# 3 Podklady pro model obsluhy vybrané oblasti

V počátcích tvorby modelu CL, v tomto případě obsluhy vybrané oblasti na bázi cyklistické dopravy, je nutné si stanovit cíl, tedy jaké výsledky přinese daný model. Dále je důležité určit, jak ho dosáhnout, jaký způsob řešení lze použít, jaké vstupy jsou nutné pro stanovení tohoto cíle. K vhodným metodám je nutné mít stanovené vstupní parametry pro výpočet potřebných výstupů pro implementaci CL. Je nutné zde zmínit kritéria, která musí být předem známá v rámci rozvozu zásilek. Jedná se o maximální počet, rozměry, objem četnost zásilek, geografická poloha zákazníků, atd. Cílem vytvoření modelu je výběr vozidlového parku, lokace depa a optimalizace tras nákladních jízdních kol.

Pro výběr nákladního kola se musí určit jaké parametry jsou důležité oproti ostatním charakteristikám, dále s využitím metody váženého průměru lze stanovit optimální nákladní kolo. V návaznosti na zvolený atrakční obvod sledovaného území byla vytipována místa pro lokaci depa na základně dotazníkového šetření, vstupů do centra města a informací od společnosti DHL Express, kde pomocí diskrétního modelu pro lokačně-alokační úlohu je určena lokace depa v Pardubicích. Na základně těchto dvou informací, tedy výběru vozidla a depa je možné určit i optimalizaci tras pro zvolený atrakční obvod. Primárním cílem je snížení počtu najetých kilometrů pro větší výkonost baterie.

## 3.1 Vozidlový park

Práce je zaměřená na analýzu systémů CL s využitím nákladních jízdních kol, tedy vozidlový park v modelovém systému bude složen z nákladních jízdních kol, poháněných elektrickou energií. Pro výběr konkrétního typu kola je vhodné využít metodu pro řešení vícekriteriálního rozhodování, kde pro potřeby výběru vhodného kola je použitá metoda váženého součtu – Weighted Sum Approach (dále jen WSA). Pro určení tohoto výběru pomocí metody WSA je nutné znát váhy daných kritérií a také aby všechna data kritérií mohla být číselně ohodnocena. Tyto váhy lze snadno vypočítat pomocí Saatyho metody, která je určená pro kvantitativní párové srovnání. Cílem Saatyho metody v tomto konkrétním případě je seřadit možné varianty cargo bikes pro navrhovaný provoz v Pardubicích. V tabulce 6 jsou zobrazeny kritéria, která jsou zohledňována při výběru cargo bike.

V tabulce 5 jsou kritéria ohodnocená podle vyjádření velikosti preferencí podle doporučené bodové stupnice 1,3,5,7,9. U tohoto problému autorka využila první tři bodové vyjádření, kde 1 znamená (dále jen zn.) kritéria jsou stejně významná, 3 zn. první kritérium je slabě významnější než druhé a 5 zn. první kritérium je silně významnější než druhé. Pro

Saatyho matici musí platit vztahy (2) a (3). Kde velikost preferencí *i-tého* kritéria proti *j-tému* je uspořádáno v matici S, kde prvky $s_{ij}$ znázorňují, kolikrát je jedno kritérium větší než druhé.

$$s_{ij} \approx \frac{v_i}{v_j}, \ kde \ \ i,j = 1,2,..,n \qquad (2)$$

$$s_{ij} = \frac{1}{s_{ji}}, \ kde \ i,j = 1,2,\dots,n \qquad (3)$$

Tabulka 5 Ohodnocená kritéria

| Kritérium | Objem ložného prostoru | Rozměry boxu | Pořizovací cena | Výkon baterie | Užitečná hmotnost |
|---|---|---|---|---|---|
| **Objem ložného prostoru** | 1 | 3 | 5 | 3 | 5 |
| **Rozměry boxu** | 0,34 | 1 | 3 | 5 | 3 |
| **Pořizovací cena** | 0,2 | 0,34 | 1 | 3 | 5 |
| **Výkon baterie** | 0,34 | 0,2 | 0,34 | 1 | 3 |
| **Užitečná hmotnost** | 0,2 | 0,34 | 0,2 | 0,34 | 1 |

Zdroj: Autorka

Jednotlivé váhy a typ, který určuje, jakým způsobem se dané kritérium chová, jestli je minimalizačního nebo maximalizačního typu jsou uvedeny v tabulce 6. Váhy $v_i$ byly vypočítány podle vztahu (4), který postupuje podle normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice. Nutnou podmínkou je, aby byla matice konzistentní, což je v tomto případě splněno.

$$v_i = \frac{\left[\prod_{j=1}^{n} s_{ij}\right]^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^{n}\left[\prod_{j=1}^{n} s_{ij}\right]^{\frac{1}{n}}}, \text{ kde i = 1,2, …, n} \qquad (4)$$

Tabulka 6 Váhy a typ kritérií

| Kritérium | Objem ložného prostoru [m3] | Rozměry boxu [m] | Pořizovací cena | Výkon baterie [Wh] | Užitečná hmotnost [kg] |
|---|---|---|---|---|---|
| **Váhy** | 0,45 | 0,26 | 0,15 | 0,09 | 0,05 |
| **typ** | MAX | MAX | MIN | MAX | MAX |

Zdroj: Autorka

Na základě kritérií byla vytvořena tabulka potencionálních elektrických nákladních kol, kde autorkou bylo zjištěno, že v ČR nikdo oficiálně nevyrábí tento dopravní prostředek, ale cargo kola na bázi přepravy dětí a využití pro komerční účely jsou dostupné. Byli dohledáni výrobci z Německa, Velké Británie a Nizozemí. V rámci sledovaných kritérií pohonu baterie, rozměry boxu, užitečné hmotnosti, objemu ložného prostoru a pořizovací ceny byla vytvořena tabulka 7 (kriteriální matice), kde bylo dopočítáno pořadí pomocí WSA. Pro výpočet bylo nutné ohodnotit rozměry boxu pro jednotný údaj z důvodu určení kriteriální matice pro výpočet WSA.

Tabulka 7 Ohodnocení rozměrů boxu

| Rozměry boxu [m] | Hodnoty |
|---|---|
| 1,5 x 0,95 x 1,2 | 5 |
| 1,32 x 0,82 x 1,6 | 3 |
| 1,27 x 0,83 x 1,27 | 2 |
| 1,43 x 0,96 x 1,09 | 4 |

Zdroj: Autorka

Díky této tabulce bylo možné dopočítat problematiku WSA s výběrem optimálního cargo kola podle následujících kroků:

1 krok: Určení alternativy pro dopočítání kriteriální matici pomocí vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \qquad (5)$$

2 krok: Jaký užitek lze mít po výběru touto metodou, tedy cílem kroku 2 je metodou váženého průměru dosáhnout maximální hodnoty užitku je metodou vyhodnocena jako nejlepší.

$$u_{ai} = \sum_{j=1}^{n} w_j * r_{ij} \qquad (6)$$

V tabulce 8 jsou již hodnoty seřazeny podle výpočtu podle vztahů (5) a (6), který je přiložen na CD k této práci.

Tabulka 8 Kriteriální matice cargo bikes

| Typ kola | Objem ložného prostoru[$m^3$] | Rozměry boxu [m] | Pořizovací cena [Kč bez DPH] | Výkon baterie [Wh] | Užitečná hmotnost [kg] |
|---|---|---|---|---|---|
| MaxPro Eco Cargo XL | 1,7 | 1,5 x 0,95 x 1,2 | 99 875 | 370 | 300 |
| XYZCargoFourwheel | 1,6 | 1,32 x 0,82 x 1,6 | 110 000 | 375-480 | 300 |
| MaxTrike™ Cargo bike | 1,5 | 4 | 262 740 | 360 | 300 |
| Radkutche | 1,4 | 1,27 x 0,83 x 1,27 | 220 650 | 512 | 300 |

Zdroj: Autorka, (18, 22, 23, 25)

Po využití metody WSA a konzultaci se supervizorem z ČB byl vybrán britský dodavatel kol Maxpro, který ke tříkolkové konstrukci nabízí i nákladní box. Jednalo by se o model Maxpro Eco cargo XL, kde jeho nákupní hodnota je €3995, tedy 99875 Kč (při měnovém kurzu z data 01.04.2018). Kolo uveze cca 300 kg nákladu plus 90 kg váha řidiče kola, pro větší výkonnost baterie se doporučuje ložit nákladní kolo na váhu menší, než je ložná váha maximální. Technické parametry rámu kola jsou délka 2,5 m x šířka 1,2 m x výška 1,6 m.

Vysoká kapacita nákladního boxu řadí tento prostředek do upřednostňovaných k výběru pro pravidelné využití v doručování zásilek. Rozměry a podstatná kapacita nákladního boxu umožňuje rozvážet i větší zásilky než do 30 kilogramů. Kapacita boxu je 1,7 $dm^3$ a rozměry jsou 1,5 m x 0,95 m x 1,2 m. Na následujícím obrázku je znázorněno nákladní kolo s odklápěcími zadními dveřmi nahoru, což může být pozitivem v případě deště, ale lepšímu naleznutí zásilky v boxu.

Obrázek 7 Model nákladního kola Maxpro Eco cargo XL

Zdroj: (18)

Již je z předběžných výsledků jasné, že přepravními jednotkami budou krabice nebo přepravky. Problém by ale nastal, kdyby přišla celá paleta a další zásilky a kolo by nebylo schopno doručit za jeden rozvoz všechny zásilky, ale musel by se vracet do depa, nebo by tuto zásilku muselo doručit nákladní auto. Podle dotazníkového šetření se v rámci centra města, zásilky do 30 kg pohybují převážně v krabicích, výjimečně jsou převezeny na paletě při větší objednávce z obchodu, nebo od zákazníka. Na boční strany nákladního boxu je vhodné umístit reklamu společnosti, pro kterou by cargo kolo jezdilo a možno využít pronájmu plochy, jelikož se kolo denně pohybuje po centru města. O počtu kol rozhodují následující varianty:

- varianta 1: zásilky pouze od 1 zásilkové společnosti,
- varianta 2: zásilky od 2 a více zásilkových společností.

V této práci je uvažována pouze varianta 1, jelikož ostatní oslovené zásilkové společnosti neviděli tento projekt za aktuálně potřebný.

## 3.2 Vstupní kritéria pro lokaci depa

Již byl v první kapitole popsán systém CL z Kodaně s hlavním cílem minimalizace nákladní dopravy, kongesce a s přihlédnutím na životní prostředí bylo vytvořeno depo pro konsolidaci zásilek do centra města. Tyto vstupní informace jsou nutné v procesu plánování. Faktory ovlivňující lokalizaci depa se dají dělit do třech typů:

- individuální: plošný standard prodejen, preference zákazníků a lokality,
- hlavní faktory: náklady na dopravu, náklady na čas dojížďky, volné prostory a dostupná dopravní cesta,
- vnější faktory: benefity lokality.

Daný proces obsahuje analýzu tržního potenciálu a následné určení počtu a umístění dep. Tržní potenciál zahrnuje analýzu zbožových proudů, sítě infrastruktury, nabídku a poptávku po dopravních službách. Po konzultaci s vedoucími pracovníky ze společnosti DHL Express jsou počty zásilek známy pro město Pardubice, a od tohoto kritéria se lépe může určit lokace depa.

### 3.2.1 Vstupní informace pro lokaci depa v Pardubicích

Z územního plánu města Pardubice je možné vyčíst různé možnosti, kde by depo mohlo být lokalizováno. Optimálním místem by byl vrchol, který souhlasí po všech stránkách s požadavky. Další důležitou informací je, jakým způsobem bude depo zásobováno zásilkami. V kapitole 2.3 je vytvořena SWOT analýza, která analyzuje možné formy spolupráce, a tedy

i možné formy zásobování depa. Jelikož se autorka na základě analýzy rozhodla pro volbu návaznosti na DHL, bude dále nahlíženo na tento koncept v dalších krocích.

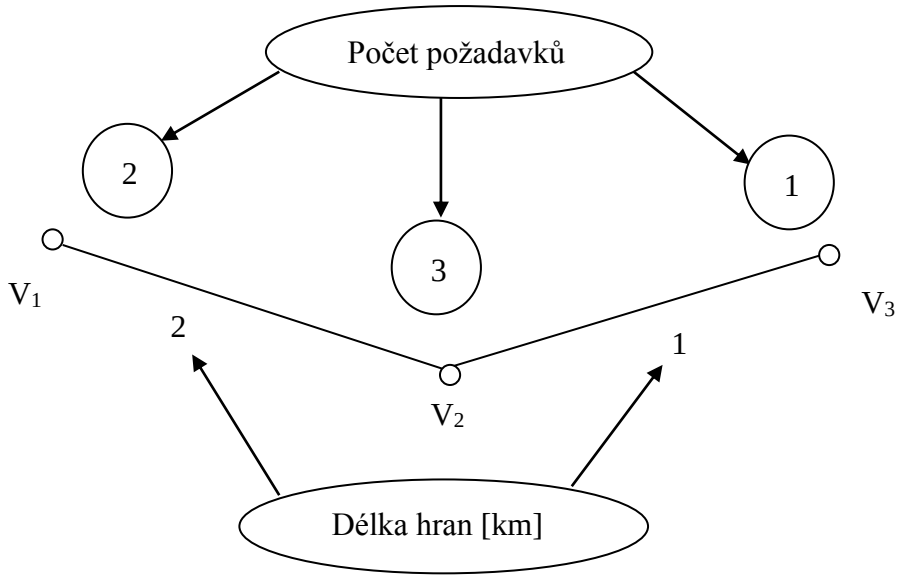
Z výše uvedených faktorů bude poukázáno na vyjmenované hlavní faktory. Proud zásilek do depa je nejdůležitějším vstupem pro lokaci a alokaci depa, dále jednotkové náklady na přepravu ze skladu k zákazníkovi a fixní náklady na zřízení a provoz depa., podklady z územního plánu a dotazníkové šetření (portfolio odběratelů zásilek). Tyto údaje by byly stěžejními vstupními informacemi, kde by mohla být možná realizace depa. Lze vybírat z vhodných pozemků, nebo budov a následně využít metodu uvedenou v kapitole 3.2.2 o optimalizačních algoritmů na výpočet lokace depa.

### 3.2.2Vhodná metoda pro optimalizaci lokace depa

Optimální lokace depa maximálně ovlivňuje rozhodnutí zákazníka. Pro optimalizaci dep a trasy vozidel bude využívána disciplína teorie grafů, která se zabývá analýzou grafů z dopravní sítě. Pro výpočet vhodné lokace depa budou využity poznatky z teorie grafů, kde depo je místem na síti, z něhož je prováděna obsluha vrcholů a hran sítě. Sítí v lokační analýze je souvislý, vrcholově a hranově ohodnocený a obyčejný graf G = (V, X), kde vrcholy V, představují místa vzniku požadavků na obsluhu a hrany X představují úseky komunikací, které jsou ohodnoceny počtem požadavků na obsluhu. Obecně lze umístit depo do libovolného místa na dané síti a lze umístit libovolný počet v síti.

Dopravní práci je možné charakterizovat jako počet ujetých kilometrů v rámci obsluhy jednoho zákazníka, která je rovna dvojnásobku vzdálenosti vrcholů od depa, a to vynásobit váhou příslušného vrcholu, kde v případě lokace depa vyjadřuje celkový počet požadavků na obsluhu. Pro výpočet celkové dopravní práce je nutné sečíst všechny jednotlivé výpočty. Na obrázku 8 je umístěné depo do vrcholu sítě, kde jsou znázorněny 3 varianty jeho umístění, po výpočtu dopravní práce, která je závislá na umístění depa a váze vrcholů, se zvolí varianta 2, která udává minimální hodnotu dopravní práce. (14)

Cílem tohoto lokačně-alokačního problému je nalézt takové umístění střediska (v případě tohoto modelu depa), které minimalizuje součet vážených vzdáleností všech obsluhovaných objektů od nejbližšího střediska. Pro výpočet daného umístění bude v rámci diplomové práce aplikován vzorec pro výpočet lokace mediánu, který je aplikovatelný na nákladově orientované úlohy, kde se minimalizují celkové přepravní výkony. (13)

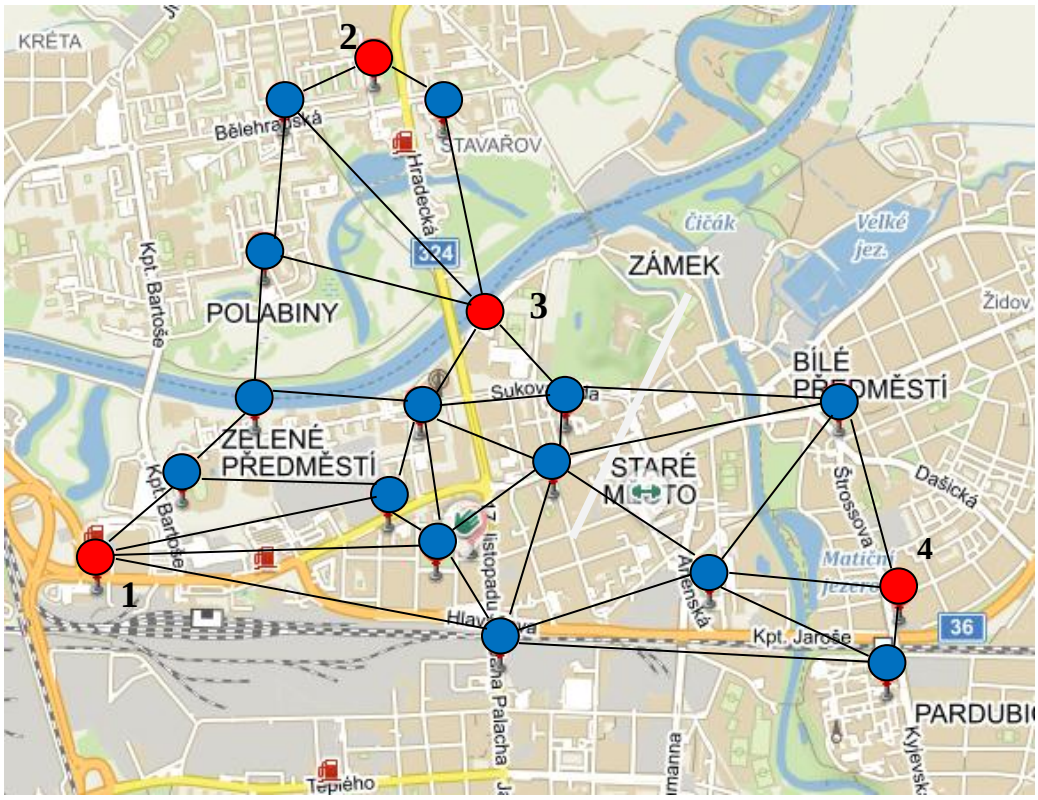



Obrázek 8 Dopravní síť pro lokaci depa v Pardubicích

Autorka, (14)

Na základně podkladů, které jsou k dispozici a stanoveného cíle, tedy určení právě jednoho depa v daném atrakčním obvodu, bude počítána úloha diskrétní lokace (discrete location), kde je tento problém klasickou úlohou tzv. Lokace 1-centra na dopravní síti s využitím lineárního programování. Hlavním vstupem je graf G= (V, H, c, w); kde c(h) je ohodnocení hran, w(v) je váhové ohodnocení vrcholů. Dalším vstupem je tvar účelové funkce (centrum) středisko smí být umístěno pouze do vrcholů, nikoli na hrany. Cíl řešení je rozhodnout, který sklad bude zřízen, tedy minimalizace účelové funkce. Postup výpočtu tohoto problému je stanoven do dvou kroků 1. Výpočet distanční matice, kde lze využít např. Floydův algoritmus. V druhém kroku pro výpočet 1 centra musí platit, že ve všech řádcích matice se vyhledá maximální prvek, dále se určí řádek, pro který je toto maximum nejmenší a index řádku=vrchol, do kterého bude umístěno centrum. (13) Aplikací tohoto výpočtu na sledovaný lokační problém v této práci bylo zhotoveno nahrazení řešení úlohy lineárního programování, úplným výčtem variant a vypočtením hodnot účelové funkce pro každou z nich, přičemž výsledkem je varianta s min. hodnotou ÚF. Změna proběhla z důvodu zjednodušení úlohy na lokaci 1 střediska obsluhy (mediánu).

Na obrázku 7 je vytvořena mapa, charakterizující hranově ohodnocený graf, kde vrcholy znázorněny červeným kolečkem jsou 4 potencionální depa, určené jako vstupní brány do zvoleného atrakčního obvodu a zbylých 15 vrcholů modrou barvou, označují zákazníky. Byl vybrán pouze vzorek 15 adres, které budou obhospodařeny. Je počítáno i s větším objemem zásilek, pro srovnání údajů a možnost reprezentativnosti daných výsledků z modelu.




Obrázek 9 Mapa s orientovaným grafem

Zdroj: Autorka na mapovém podkladu

Na obrázku 9 jsou jasně zřetelné lokace potencionálního depa. Tyto místa byla určena na bázi návaznosti dopravních proudů do centra města a té lokalitě, byl vybrán vhodný městský pozemek (veřejné parkoviště), který vyhovuje k nejjednoduššímu přístupu k nim z pozemní komunikace. Pro přiblížení dopravní situace jsou dopravní proudy uvedeny v tabulce 9, kde by vybudování depa směřovalo k malému zklidnění dopravy.

Tabulka 9 Dopravní proudy do centra Pardubic

| Silnice (Úsek) | Osobní a dodávková vozidla | Lehká nákladní vozidla | Střední nákladní vozidla | Těžká nákladní vozidla | Návěsové soupravy | Cyklisté | Intenzita Emise |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I/36 (5-0183) | 11564 | 746 | 755 | 206 | 967 | 61 | 95 |
| II/324 (5-0190) | 24581 | 1458 | 243 | 95 | 37 | 0 | 168 |
| MK (5-2791) | 9830 | 743 | 116 | 37 | 4 | 313 | 79 |

Zdroj: Autorka s využitím (29)

V návaznosti na kapitolu 1.1.5, kde je analyzován systém společnosti UPS autorka vybírala lokality vhodné pro realizaci depa na této bázi. Tedy malý prostor o velikosti nákladního vozu, kde je na pevno upevněn kontejner s přívodem na elektrickou energii, kde by byl prostor využitý na parkování kola, napájení baterie přes noc a před a po korespondence spojená se zásilkami pro zákazníky.

V distanční matice je zahrnuta, jak cesta z Březhradu do dep, tak i ze samotných dep na rozvoz zásilek. Je nutné zmínit, že distanční údaje jsou počítány na mapových podkladech pro cyklistickou dopravu, takže počet kilometrů je menší než při uvedení trasy po běžné komunikaci. V programu MS Excel je vytvořen otevřený model, u kterého lze vždy určit konkrétní stávající poptávku po rozvoz zásilek. Jak již bylo zmíněno kolo má kapacitu pro rozvoz zásilek omezený výkon a výdrž baterie, z tohoto důvodu bude v konečné variantě výpočtu počítáno s počtem 30 doručených zásilek zákazníkovi za den. Pro výpočet lokace depa bylo nutné stanovit fixní náklady pro zřízení a provoz depa. Proto byla autorkou vytvořena tabulka 9 shrnující náklady na jednotlivá depa, kde byl stanoven městskými skateholdery roční pronájem pozemku u D1 a D2, D3 jako trvalého využití veřejného prostoru a D4 varianta lokace v parkovacím domě v Polabinách. Dále pořizovací cena kontejneru normy ISO 20´, spotřeba energie na 1 kWh a adresa, kde vhodným měřítkem je vzdálenost dep od konsolidačního centra v Březhradu. Pronájem kontejneru a pořizovací cena jsou stanoveny na období 1 roku. V modelu je počítáno s odpisovou hodnotou kontejneru, která pro první rok činí 7700 Kč.

Tabulka 10 Charakteristika potencionálních dep

| Kritérium | D1 | D2 | D3 | D4 |
|---|---|---|---|---|
| Pronájem pozemku | Zóna B 9000 Kč | Zóna C 14 000Kč | Zóna A 9 000 Kč | PD 12 480 Kč |
| ISO kontejner 20´ | 70 000 Kč | 70 000 Kč | 70 000 Kč | - |
| Spotřeba energie | 3,82 Kč /1kWh | 3,82 Kč /1kWh | 3,82 Kč /1kWh | 3,82 Kč /1kWh |
| Umístění | Palackého tř. | Štrossova ul. | ul. Štolbova | ul. Mladých |

Zdroj: Autorka s využitím (20), (26), (27), (28)

Optimální stanovené určení depa je výpočtem výkonu a celkových nákladů v Kč u jednotlivých variant úlohy lokace depa. Výkony jsou počítány podle využití dopravního prostředku ve dvou fázích přepravy. Autorka uvede příklad, kdy z Březhradu do depa urazí zásilky trasu pomocí dieslových nákladních dodávek (DHL Express) modelu W Crafter 35 2,0 TDI se spotřebou 3,62 Kč/ 1 km a odtud již vybrané cargo kolo z přechozí kapitoly, kde náklad na 1 kWh činí 3,82 Kč. Tedy dopravní výkon je součet cesty zásilky autem a posléze

na kole. Cesta autem je vypočítána jako vzdálenost z Březhradu do jednotlivých dep vynásobená počtem zásilek přepravovaných za celý rok. Cesta na kole je určena skalárním součinem vzdáleností a počtem jednotlivých zásilek. Celkové náklady se vypočítají jako součin výkonu autem/na kole a cenou jednotlivého druhu dopravy na 1 km/kWh.

Tabulka 11 Lokace depa na základě výpočtu

| | Výkon [zásilky*km] | | | Celkové náklady [Kč] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Výkony** | **Autem** | **Na kole** | **Celkem** | **Autem** | **Na kole** | **Celkem** |
| **D1** | 139500 | 55,7 | **139555,7** | 502200 | 212,8 | **519112,8** |
| **D2** | 139500 | 20,15 | **139520,2** | 502200 | 77 | **523977,0** |
| **D3** | 153000 | 63,25 | **153063,3** | 550800 | 241,6 | **567741,6** |
| **D4** | 135750 | 54,1 | **135804,1** | 488700 | 206,7 | **501386,7** |

Zdroj: Autorka

Z tabulky 11 je výpočtem stanoveno depo D4 jako optimálním řešením lokačního problému v závislosti na výše zmiňovaných parametrech. Závěrem je tedy ustanoven počet zásilek na 30 za den a fixní náklady jednotlivých dep jsou zmíněny v tabulce 10. Pomocí tohoto modelu v programu Excel lze vyhodnotit možnosti s libovolným počtem zásilek. Po vyzkoušení několika variant počtu zásilek autorka došla k závěru, že při rostoucí poptávce v počtu doručovaných zásilek pomocí cargo kol s využitím tohoto depa, zůstává nejvhodnější lokalitou D4. Celkové náklady na realizaci depa jsou 12 480 Kč ročně, což je o polovinu méně než u ostatních a cena a vzdálenost je hlavním důvodem, proč úloha lokace depa určila D4 za optimální. Z tabulky 11 lze vyčíst, že hodnoty u druhé možné varianty lokace depa nejsou abnormálně rozdílné. Hodnota rozdílu je pouze o 17 726 Kč/ročně.

## 3.3 Vstupní kritéria pro určení tras

Požadavky na optimalizaci dopravních tras jsou splněny tehdy, kdy zdroj a cíl mezi jednotlivými proudy se nemění a je-li definována dopravní síť, kde ve většině případů je více spojení mezi zdrojem a cílem. Následná optimalizace dopravních tras vyžaduje zohlednění těchto obecných kritérií:

- Ujetá vzdálenost po různých dopravních cestách,
- spotřeba energie,
- náklady na provedenou přepravu nebo dopravní obsluhu,
- potřebný čas. (13)

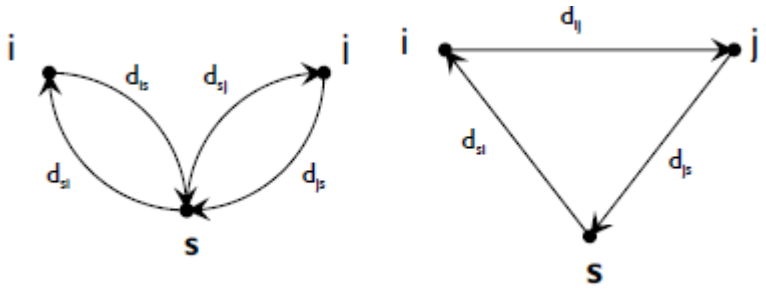
V zmiňovaných případech lze použít metodu pro optimalizaci pomocí algoritmů pro hledání nejkratší cesty, kde tato metoda může být použitá jen z části, z důvodu toho, že

nejkratší cesta nemusí být vždy nejrychlejší. Nejznámější algoritmy jsou Dijkstrův algoritmus, kde jsou vyhledávány nejkratší cesty z daného výchozího vrcholu grafu a Floydův algoritmus pro vyhledávání nejkratších cest mezi všemi uspořádanými dvojicemi vrcholů.

### 3.3.1 Vhodná metoda pro určení optimalizace tras

V rámci hledání optimálních tras vozidel s homogenním vozovým parkem se používají 2 metody řešení úlohy okružních jízd, které se řadí do skupiny výhodnostních koeficientů a vsouvání (Savings – Insertion) jsou to Stírací algoritmus a Clarke-Wrightova metoda (dále jen CW metoda). V tomto konkrétním příkladu bude počítáno s principem primární heuristiky, kdy je nové přípustné řešení získáváno spojením dvou nebo více okružních jízd v jednu. Hodnota koeficientu odhadujícího důsledky výběru pro hodnotu účelové funkce je používána jako lokální kritérium. (13) Metoda, která byla zvolena pro výpočet optimálních tras je Clarke-Wrightova metoda, která je charakterizována ve dvou krocích. V prvním kroku algoritmus nejprve určí počáteční řešení soustavy jízd tedy středisko-zákazník-středisko, které je pak upravováno pomocí výhodnostními koeficienty $v_{ij}$ do tras obsluhovaných jediným vozidlem s důrazem na kapacitu vozidla či délku trvání trasy pro co nejmenší náklady na obsluhu a počet tras. Na obrázku 10 je vyobrazen princip výpočtu výhodnostního koeficientu, kde se rozlišují tzv. krajní a vnitřní zákazníci vztaženi k depu. Spojením dvou tras mezi dvěma krajními zákazníky se zruší zajíždění k depu mezi těmito dvěma zákazníky, což lze vypočítat pomocí výhodnostního koeficientu následujícím vztahem (7).

$$v_{ij} = d_{is} + d_{sj} - d_{ij} \qquad (7)$$




Obrázek 10 Princip výpočtu výhodnostního koeficientu

Zdroj: (13)

Další možností je využití vhodného softwaru pro výpočet složitějších či více obsáhlých matic, kde by výpočet byl složitý a rozsáhlý. V dnešní době existuje mnoho softwarů pro výpočet optimálních tras vozidel, zde bude použitý program Open Door Logistics (dále jen ODL), pro který byla vytvořena tabulka adres, která je uvedena v příloze E a výstupy jsou uvedeny v excelovském sešitě jako příloha v podobě CD.

### 3.3.2 Využití CW metody pro výpočet okružních jízd

K výsledkům optimalizace trasování vozidel se výpočtem metodou okružních jízd docílí za předpokladu stanovení vstupních parametrů, které jsou zmíněny v předchozí kapitole. Daný řešený modelový příklad disponuje 1 vozidlem (jízdním cargo kolem), které má kapacitu 30 zásilek, disponibilní čas pro řidiče na rozvoz je 180 minut, kdy doba vykládky je modelově stanovena na 2 minuty, je však součástí rozvozního času. Doba obsluhy v závislosti na dodávku zboží z depa z Březhradu začne okolo 11 hod. dopoledne. Průměrná rychlost cargo kola je pro zjednodušení uvažováno 15 km/h, kolo na jedno nabití ujede 24 km. V tomto modelu bude z depa obslouženo 15 zákazníků, kterým je nutné doručit celkové množství 30 zásilek uvedené v tabulce 12. Množství zboží je možné v modelu programu Excel kdykoliv upravit podle denní potřeby. Více zásilek než 1 ks je náhodně zvoleno u zákazníků, kteří jsou firma, prodejna, nebo vyjádřili v dotazníku, že přijímají zásilky od společnosti DHL Express.

Tabulka 12 Požadavky zákazníků

| z1 | z2 | z3 | z4 | z5 |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| z6 | z7 | z8 | z9 | z10 |
| 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| z11 | z12 | z13 | z14 | z15 |
| 3 | 3 | 1 | 2 | 2 |

Zdroj: Autorka

Vstupním parametrem je distanční matice zadána tabulkou 13, která je symetrická, proto prvky pod hlavní diagonálou je možné vynechat. Vzdálenosti mezi zákazníky a depem byly určovány autorkou ručně s využitím vyhledávání tras na cyklistické bázi.

Tabulka 13 Distanční matice v km

| | sklad | z1 | z2 | z3 | z4 | z5 | z6 | z7 | z8 | z9 | z10 | z11 | z12 | z13 | z14 | z15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| sklad | 0 | 2,4 | 1,6 | 1,8 | 2,2 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,4 | 1,9 | 2,6 | 3,3 | 0,35 | 0,35 | 0,95 | 2 |
| z1 | | 0 | 1,2 | 1,2 | 1,9 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 2,2 | 0,9 | 0,95 | 2,3 | 2,7 | 2,5 | 2,7 |
| z2 | | | 0 | 0,3 | 1 | 0,7 | 0,85 | 0,85 | 0,7 | 1,2 | 1,2 | 2,1 | 1,3 | 1,6 | 1,4 | 1,8 |
| z3 | | | | 0 | 0,8 | 0,45 | 0,75 | 0,6 | 0,85 | 1,4 | 1,1 | 1,9 | 1,5 | 1,8 | 1,7 | 1,7 |
| z4 | | | | | 0 | 0,45 | 1 | 0,65 | 1,1 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 2 | 2,2 | 2 | 1,8 |
| z5 | | | | | | 0 | 0,5 | 0,19 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 2,3 | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 1,5 |
| z6 | | | | | | | 0 | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 1,8 | 2,6 | 1,6 | 1,8 | 1,6 | 1,1 |
| z7 | | | | | | | | 0 | 1 | 0,6 | 1,5 | 2,3 | 1,7 | 2 | 1,8 | 1,4 |
| z8 | | | | | | | | | 0 | 0,65 | 1,8 | 2,6 | 1,3 | 1,5 | 1,3 | 1,1 |
| z9 | | | | | | | | | | 0 | 2,2 | 3,1 | 1,7 | 1,7 | 1 | 0,5 |
| z10 | | | | | | | | | | | 0 | 1,4 | 2,4 | 2,7 | 2,5 | 2,7 |
| z11 | | | | | | | | | | | | 0 | 3,2 | 3,5 | 3,3 | 3,5 |
| z12 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0,65 | 1,2 | 2,1 |
| z13 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0,75 | 1,7 |
| z14 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 1,1 |
| z15 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

Zdroj: Autorka

Podle výpočetního vztahu (7) je vypočítaná následující tabulka 14, kde jsou spočítány výhodnostní koeficienty, které dokáží určit, zdali kapacita, která je určená jak časem, tak i ujetými kilometry, je dostačující. Nákladní kolo na jedno nabití naložené do 150 kg je schopno ujet průměrně přes 22 km, průměrnou rychlostí 15 km/h.

Tabulka 14 Hodnoty výhodnostních koeficientů

| | D4 | z1 | z2 | z3 | z4 | z5 | z6 | z7 | z8 | z9 | z10 | z11 | z12 | z13 | z14 | z15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| z1 | | 0 | 2,8 | 3 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 2 | 2,1 | 4,1 | 4,75 | 0,45 | 0,05 | 0,85 | 1,7 |
| z2 | | | 0 | 3,1 | 2,8 | 2,7 | 2,55 | 2,65 | 2,3 | 2,3 | 3 | 2,8 | 0,65 | 0,35 | 1,15 | 1,8 |
| z3 | | | | 0 | 3,2 | 3,15 | 2,85 | 3,1 | 2,35 | 2,3 | 3,3 | 3,2 | 0,65 | 0,35 | 1,05 | 2,1 |
| z4 | | | | | 0 | 3,55 | 3 | 3,45 | 2,5 | 2,5 | 3,1 | 3,6 | 0,55 | 0,35 | 1,15 | 2,4 |
| z5 | | | | | | 0 | 3,1 | 3,51 | 2,5 | 2,5 | 3,1 | 2,8 | 0,55 | 0,35 | 1,05 | 2,3 |
| z6 | | | | | | | 0 | 3,2 | 2,8 | 2,9 | 2,6 | 2,5 | 0,55 | 0,35 | 1,15 | 2,7 |
| z7 | | | | | | | | 0 | 2,3 | 3,2 | 3 | 2,9 | 0,55 | 0,25 | 1,05 | 2,5 |
| z8 | | | | | | | | | 0 | 2,65 | 2,2 | 2,1 | 0,45 | 0,25 | 1,05 | 2,3 |
| z9 | | | | | | | | | | 0 | 2,3 | 2,1 | 0,55 | 0,55 | 1,85 | 3,4 |
| z10 | | | | | | | | | | | 0 | 4,5 | 0,55 | 0,25 | 1,05 | 1,9 |
| z11 | | | | | | | | | | | | 0 | 0,45 | 0,15 | 0,95 | 1,8 |
| z12 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,25 |
| z13 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0,55 | 0,65 |
| z14 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 1,85 |
| z15 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

Zdroj: Autorka

Počáteční řešení je znázorněno v tabulce 15. Dále postup tvoření tras je uveden v Excel souboru, který je součástí přílohy na CD. Jsou v něm uvedeny veškeré iterace, které tvoří další přípustná řešení, a jsou označeny, zda splnila či nesplnila podmínky uvedené výše v popisu konkrétní úlohy jako vstupy do řešení CW metody. Vzdálenost s-n-s určuje počet kilometrů z depa k zákazníkovi a zpět od zákazníka do depa. Doba přepravy je vypočtena pomocí vzorce (8).

$$D = \frac{2*d_{0n}}{c} + q_n * t \quad (8)$$

Kde: $d_{0n}$ … vzdálenost s-n-s,

$c$ … průměrná rychlost nákladního kola,

$q_n$… požadavky zákazníků,

$t$… doba vykládky.

Tabulka 15 také poukazuje na celkovou ujetou vzdálenost na cargo kole, která je 52,7 km a celková doba přepravy trvá 8,02 hod při množství 30 zvolených požadavků od 15 zákazníků. Tyto údaje vůbec nesplňují podmínky uvedené na začátku této podkapitoly. Proto je nutná optimalizace tras pomocí 2. kroku CW metody pro sestavování tras vozidel.

Tabulka 15 Počáteční řešení CW metody

| Trasa | s-n-s | Doba přepravy |
|---|---|---|
| S1 = s - 1 – s | 4,8 | 0,74 |
| S2 = s - 2 - s | 3,2 | 0,46 |
| S3 = s - 3 - s | 3,6 | 0,55 |
| S4 = s - 4 - s | 4,4 | 0,65 |
| S5 = s - 5 - s | 3,6 | 0,55 |
| S6 = s - 6 - s | 3,6 | 0,58 |
| S7 = s - 7 - s | 3,8 | 0,57 |
| S8 = s - 8 - s | 2,8 | 0,44 |
| S9 = s - 9 - s | 3,8 | 0,54 |
| S10 = s - 10 - s | 5,2 | 0,73 |
| S11 = s - 11 - s | 6,6 | 0,98 |
| S12 = s - 12 - s | 0,7 | 0,19 |
| S13 = s - 13 - s | 0,7 | 0,13 |
| S14 = s - 14 - s | 1,9 | 0,32 |
| S15 = s - 15 - s | 4 | 0,60 |
| **Celkem** | **52,7** | **8,03** |

Zdroj: Autorka

Po 13. iteraci jsou z matice výhodnostních koeficientů porovnány všechny hodnoty a výsledné nejvýhodnější trasování obsluhy zákazníka na konci algoritmu CW metody je optimální trasování v následujícím pořadí D4-Z4-Z11-Z1-Z10-Z5-Z7-Z9-Z15-D8-D6-D3-D2-D13-D14-D12-D4. V tabulce 16 je uveden výsledný počet km, kdy srovnáním od počátečního řešení se jedná o markantní rozdíl a tento celkový součet 15 km splňuje podmínku ujetí maximální vzdálenosti 24 km. Oproti tomu využití motorového vozidla celková vzdálenost činí 19 km, o 4 km více než na cargo kole. Důvodem může být převážně v centru města cesta nejen korespondující pozemní komunikace, ale v některých úsecích koresponduje dopravní cesta kola pěší trasu.

Výpočet byl velmi dlouhý, z důvodu velkého počtu zákazníků. Výsledky v tabulce 16 uvádějí dva typy možného trasování, jak výpočtem pomocí CW metody, tak pomocí softwarového programu ODL Logistics, který byl vybrán autorkou, kde na mapovém podkladě určil trasy po pozemních komunikací v návaznosti na motorová vozidla, tedy nepočítal s pěší či cyklistickou variantou. Proto tato možnost výpočtu určí rozdíl obhospodaření daného atrakčního obvodu pomocí motorového vozidla, oproti cargo kolu, pro nějž distanční matice znázorňuje v tabulce 13 hodnoty vzdáleností využívající primárně cyklostezky. Z důvodu konkrétnosti a variací tras byla vypočítána obsluha okružními jízdami CW metodou pomocí programu Excel.

Tabulka 16 Výsledná posloupnost trasování kol

| | Výsledné hodnoty | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Pořadí | Excel | ODL | Pořadí | Excel | ODL |
| **1.** | 4 | 13 | **9.** | 8 | 15 |
| **2.** | 11 | 14 | **10.** | 6 | 3 |
| **3.** | 1 | 4 | **11.** | 3 | 10 |
| **4.** | 10 | 5 | **12.** | 2 | 11 |
| **5.** | 5 | 7 | **13.** | 13 | 1 |
| **6.** | 2 | 6 | **14.** | 14 | 2 |
| **7.** | 9 | 8 | **15.** | 12 | 12 |
| **8.** | 15 | 9 | **Celkem km** | **15** | **19** |

Zdroj: Autorka

Z výstupu ODL Logistics softwaru byla i vygenerovaná mapa, která je v příloze D. Z mapy lze vyčíst v jakém pořadí by mělo cargo kolo obhospodařit dané území s výše uvedenými specifickými požadavky.

# 4 Aplikace systémů ve vybraném městě

V předchozí kapitole 3 SWOT analýza určila jednotný koncept, který je optimální z mnoha hledisek realizovat v Pardubicích. V rámci první kapitoly analýzy CL systémů v zahraničí i u nás, dále pak dotazníkovém šetření, kontaktování více zásilkových společností se jako vhodný koncept jeví návaznost na DHL, kde proběhla i zpětná vazba se supervizory z DHL Express, které koncept oslovil a do jednoho roku ho chtějí realizovat ve vybraném městě Pardubice a případně sousedním městě Hradci Králové. Jelikož je depo situováno do průmyslové zóny Březhrad bylo nutné vybrat optimální lokaci depa a optimalizovat okružní jízdy ve vybraném atrakčním obvodu pro město Pardubice.

Implementace vybraných systémů v předchozí kapitole koresponduje s níže uvedeným technologickým procesem pro město České Budějovice, kde na téměř identickém principu funguje vybraný systém v návaznosti na zásilkovou společnost DHL Express.

## 4.1 Technologický proces systému CL v Českých Budějovicích

Výše analyzovaný koncept v kapitole 1.2.2 a informace o provozu jsou aplikovány na město České Budějovice, které svou rozlohou, počtem obyvatelstva a dalšími faktory jsou velmi podobné autorkou sledovaným městem Pardubice. Pro další podklady, které slouží jako vzor pro sledovanou oblast v Pardubicích, autorka zjistila základní informace od supervizora daného projektu. Zásilky jsou vyzvedávány na depu společnosti DHL Express, z důvodu relativní blízkosti centru města (přibližně 2 km). V současné době je využíváno pouze jedno nákladní kolo, kdy kapacitně kolo uveze 30-50 ks zásilek, což v praktickém pojetí je 25-40 zastávek. Nákladní kolo je koncipováno na maximální váhu 170 kg, v praxi drží limit 150 kg, z důvodu nepřetížení kola. Rozměry nákladního boxu jsou 140x140x100 cm tedy 2 $m^3$. Rozvoz probíhá v tomto časovém rozmezí 11:30-14:30, kdy je důležité být 30 minut před a po rozvozu z důvodu sortace a zpracování zásilek. V tuto dobu se začíná z důvodu příjezdu závozu zásilek z Prahy DHL Express před 11 hod. dopoledne. V následující kapitole je skupina DHL Express zmíněna již v portfoliu dodavatelů pro území města Pardubice. V rámci konceptu systému v Českých Budějovicích je 1 kolo dostačující, ale při zvýšení počtu zákazníků, by bylo finančně únosné provoz 2 i více kol v rámci města. Autorka si vyzkoušela denní režim tohoto Cargo kola, kdy za den 14. 3. 2018 najela spolu s řidičem kola 17 km, uskutečnili 21 zastávek pro předání a vyzvednutí zásilek. Řidič kola nemá žádný informační systém pro výpočet optimální trasy, ale využívá svoje znalosti území. Po roce a půl provozu zná perfektně danou oblast a kudy na kole nejlépe a nejrychleji projede, proto si může naplánovat trasu přímo v denním provozu, po obdržení zásilek od kurýra. Atrakčním

obvodem v prvopočátku bylo centrum o rozloze celkové plochy 4 km$^2$. Po zkušebním provozu bylo zjištěno, že je atrakční obvod pro rozvoz zásilek kapacitně dostačující, a že lze přidat další doplňkové území. V následující tabulce 17 je zaznamenán technologický proces od převzetí zásilek až po jejich doručení ke konečnému zákazníkovi.

Tabulka 17 Technologický proces nakládky kola

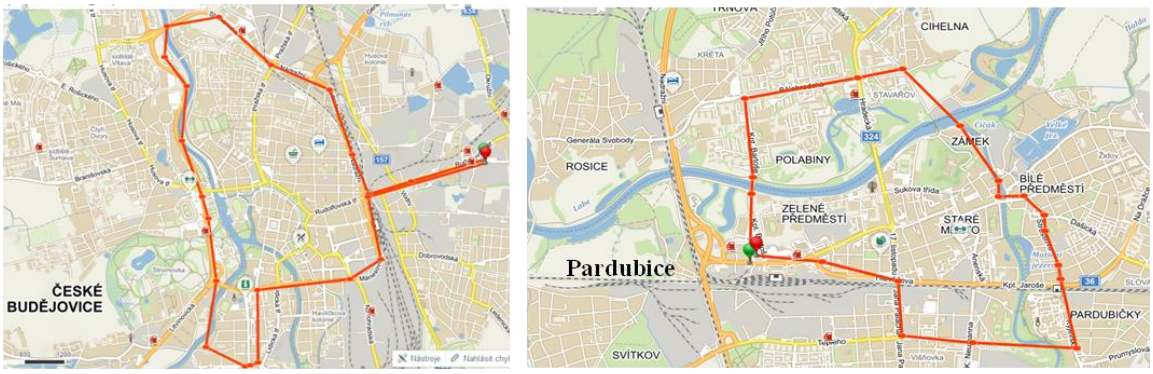
| Technologický postup při rozvozu zásilek v ČB | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Úkon** | **Čas (min.)** | **Zodpovědná osoba** | **Pozn.** |
| 1. | Příprava kola na náklad zásilek | 2 | řidič kola | |
| 2. | Zavedení baterky do kola | 1 | řidič kola | |
| 3. | Třídění zásilek pro trasu kola/aut | 15 | zaměstnanci depa, řidič kola | |
| 4. | Seřazení zásilek podle trasy | 5 | řidič kola | |
| 5. | Naskenování kódů zásilek do čtečky | 2 | řidič kola | |
| 6. | Kontrola hmotnosti (max. 150 kg) | 1 | řidič kola | větší zátěž, zn. Rychlejší vybíjení baterky |
| 7. | Technická kontrola kola | 2 | řidič kola | nabitá baterka, brzdy, světla, … |
| 8. | Nakládka seřazených balíků | 5 | řidič kola | |
| 9. | Tisk papírů | 1 | zaměstnanci depa, řidič kola | |
| 10. | Samotný rozvoz | 180 | řidič kola | součást rozvozu je i pick-up zásilek |
| 11. | Příjezd do depa | 2 | řidič kola | |
| 12. | Vystavění dokumentace pro pick-up zásilky | 15 | řidič kola | |
| 13. | Uložení baterky do nabíječky | 5 | řidič kola | |
| 14. | Zaslání z DHL scanneru potvrzení o převzetí zásilky | 2 | řidič kola | |

Zdroj: Autorka

## 4.2 Implementace systému na město Pardubice

V kapitole 3 je modelově vypočítána varianta, a na podkladu těchto zjištěných výsledku je aplikovaná na vybrané město Pardubice. Využití společnosti DHL Express, jako zdroj zásilek pro distribuci a využití tohoto systému na Pardubice, kde ze zásilkového depa z Březhradu jsou zásilky distribuovány do depa v Pardubicích. K variantě návaznosti systému na 1 dodavatelskou společnost byl směřován výpočet, tedy obsluha cargo kolem. V současné době jsou Pardubice obslouženy jedním autem, kde kapacita vyhovuje množství zásilek, které jsou směřovány do Pardubic. Na druhé straně Hradec Králové bude muset navyšovat svůj

vozový park o jedno vozidlo, z důvodu nedostatečné kapacity. Z důvodu toho, že po každé sezóně dochází k navýšení o 10-11 % počtu zásilek v obou městech. Tedy ve výhledové době jednoho až dvou let bude společnost muset řešit stejný problém jako v Hradci Králové a nasadit na trasu další vozidlo. Společnost využívá softwaru Rute design pro určení kapacit vozidlového parku, kde systém dokáže určit jak minimální, tak i optimální počet zásilek na jedno vozidlo v rámci dané lokality. Pro srovnání velikosti atrakčního obvodu jsou na obrázku 11 znázorněny na mapovém podkladě atrakční obvody Českých Budějovic a Pardubic.

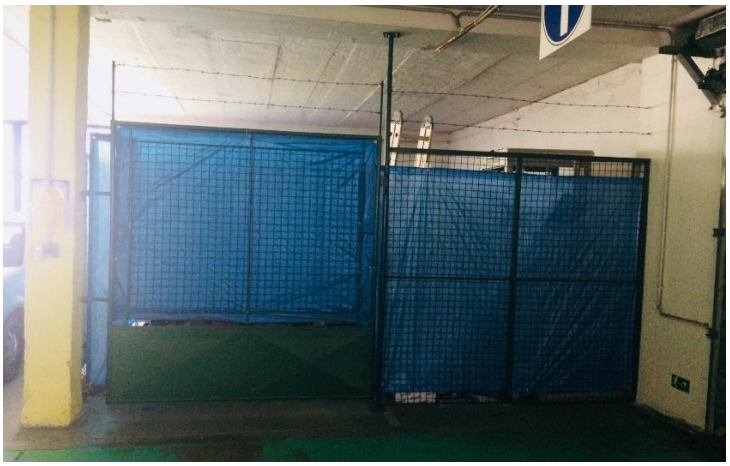



Obrázek 11 Atrakční obvody Českých Budějovic a Pardubic

Zdroj: Autorka na mapovém podkladě

Oba obvody mají velmi podobné parametry. V levé části obrázku je znázorněn obvod Českých Budějovic, který měří 12,3 km a velikost plochy je 4,4 km$^2$. Napravo je vyobrazen obvod pro Pardubice, který měří 9,1 km a velikost plochy je 4,3 km$^2$. Atrakční obvod pro Pardubice byl zvolen menší, než je tomu tak v Českých Budějovicích. V případě využití tohoto systému v Pardubicích a vyzkoušení zjištěných výstupů v reálném prostředí je možnost zvětšení atrakčního obvodu, buď v části Polabin, nebo na druhém konci v městské části zvané Dukla.

Jedinou odlišností od konceptu CL systému z Českých Budějovic k potencionálnímu zavedení vypočítaného systému v rámci Pardubic, je lokace již zavedeného depa v Březhradu, které bude sloužit sice pouze do roku 2020, i přesto se jedná o nevhodné umístění depa, pro projekt, který by se mohl uskutečnit v Pardubicích, ale i v Hradci Králové. Bohužel tato dvě krajská města se nacházejí moc blízko u sebe, aby byla možnost vytvoření dvou jednotlivých dep. Proto byla v kapitole 3. vypočítána optimální lokace depa. Výsledná lokace navazuje na silnici II/324, která je napojená na I/37 ze směru Březhradu. Na tomto území byl autorkou vybrán parkovací dům, kde by kolo mohlo být zaparkováno za roční poplatek 12 480 Kč uveden v tabulce 10, který zahrnuje 1 parkovací stání, možnost dobití vozidla, ohrazení parkovacích stání, které je možné vidět na obrázku 12.



Obrázek 12  Parkovací stání v Polabinách

Zdroj: Autorka

Mimo DHL Express by dalším potencionálním portfoliem zákazníků mohli být ti, kteří nemají dimenzované denní zásilky na takové množství, aby nebyl podstav, a tudíž by z těchto zásilek nebylo nákladní kolo plně naloženo. Také u kterých by byla návaznost na tento implementovaný systém z pozice zákazníka, u něhož není zdroj zisku distribuce zásilek. Mezi tyto zákazníky patří tyto firmy: Zeleninové bedýnky, Office Depot, rozvoz balíčků pro CZC.cz, Europarfems.cz, Náš Grunt, Zoot, České bedýnky, ČersTvé Saláty, …a další. U těchto potencionálních zákazníků není zaručená pravidelnost, ale může to být doplnění využitelnosti kola pro další rozvážku zásilek.

# 5 Zhodnocení návrhu

Zavedením CL systému na bázi cyklistické dopravy do prostředí města Pardubice by umožňovala úsporu vzdálenosti potřebné k obsloužení zákazníků okružními jízdami, emisí $CO_2$ díky pohonu cargo kola na elektrickou energii, dále i úspora času. Dalším aspektem je možnost využitelnosti vozidla, které by za jinak stejných okolností muselo obsloužit dané zákazníky. Nyní může využít svoji kapacitu jinde, tedy mimo centrum města, tím se zvětší efektivita práce a výkonu, což znamená využitelnost vozidla v jiné lokalitě.

## 5.1 Úspora emisí $CO_2$

Pro zhodnocení úspor emisí $CO_2$ jsou z tabulky 16 převzaty hodnoty ujetých kilometrů celkem za jednu okružní jízdu pomocí cargo kola nebo dieselové dodávky. Do kalkulačky Calla byly vloženy tyto základní údaje:

- dopravního prostředku auto//kolo,
- druhu paliva a jeho spotřeba na 100 km/1 hod, kde nafta - 8 L/100 km//el. energie 6 kWh/100 km
- ujetá vzdálenost 19//15,
- a počet cest týdně 10//10.

Tato česká kalkulačka uhlíkové stopy využila emisní faktory, kterými jsou průměrné emise $CO_2$, které vznikly spálením paliva nebo průměrného množství $CO_2$ uvolněné při výrobě 1kWh elektrické energie. (30) Po vyplnění vstupních údajů jsou výstupy uvedeny na obrázku 13. Zde je vidět markantní rozdíl mezi roční uhlíkovou stopou dieselového automobilu 1,03 tun $CO_2$ / rok ku roční uhlíkové spotřebě elektro cargo kolu, která činí pouze 161 kg $CO_2$ / rok.

| | |
|---|---|
| CELKOVÁ SPOTŘEBA ENERGIE | 15,0 kWh / cesta |
| CELKOVÁ UHLÍKOVÁ STOPA | 3,97 kg $CO_2$ / cesta |
| JEDNOTKOVÁ SPOTŘEBA ENERGIE | 789 Wh / km |
| JEDNOTKOVÁ UHLÍKOVÁ STOPA | 209 g $CO_2$ / km |
| ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE | 3,91 MWh / rok |
| ROČNÍ UHLÍKOVÁ STOPA | 1,03 t $CO_2$ / rok |

| | |
|---|---|
| CELKOVÁ SPOTŘEBA ENERGIE | 1,14 kWh / cesta |
| CELKOVÁ UHLÍKOVÁ STOPA | 617 g $CO_2$ / cesta |
| JEDNOTKOVÁ SPOTŘEBA ENERGIE | 60,0 Wh / km |
| JEDNOTKOVÁ UHLÍKOVÁ STOPA | 32,5 g $CO_2$ / km |
| ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE | 297 kWh / rok |
| ROČNÍ UHLÍKOVÁ STOPA | 161 kg $CO_2$ / rok |

Obrázek 13 Porovnání uhlíkové stopy

Zdroj: (30), úprava autorka

Úspora uhlíkové stopy je atraktivní zprávou pro několik subjektů, a to z pohledu městské udržitelné mobility pro obyvatelstvo města, městské orgány a z pohledu DHL Express, jako zainteresované společnosti v rámci jejich dopadu na životní prostředí, kde těmito nekonvenčními druhy přepravy se snaží o snižování emisí škodlivého $CO_2$.

## 5.2 Dopad CL systému na udržitelný rozvoj ve městě

Navrhovaný CL systém není situovaný na velké a velkoobjemové zásilky. Vedle toho je výhodné ho implementovat do míst, kde je větší hustota zákazníků na malém území, navíc které po geografické stránce nemá dlouhé kopce a strmý terén. Cargo kola jsou inovativním prostředkem a díky malému konsolidačnímu centru v blízkosti atrakčního obvodu i potencionálním systémem pro úsporu najetých kilometrů v rámci centra města. Možným hlediskem pro úsporu najetých kilometrů cargo kolem oproti dieselové dodávce je možnost projetí jednosměrných ulic a dalších omezeních pro zákazy příkladem vjezdu pro všechna motorová vozidla, ale cyklistům je vjezd umožněn.

Na základě identifikace synergie a podporujících činností je CL systém na bázi cyklistické dopravy jako holistický přístup pro udržitelnou CL zahrnující snížení $CO_2$ a sociální a ekonomické aspekty, jako například kvalitu života a kongesci. Na obrázku 14 je uvedeno porovnání těchto aspektů ovlivňující CL po materiální, sociální a ekonomické stránce. Reflektuje cíle těchto 3 hlavních rozdílných režimů, které jsou ohodnoceny třemi hodnotami, kde (-) určuje negativní vliv, (0) znamená neutrální a (+) pozitivní vliv. Tyto režimy jsou hodnoceny na základě studie, která byla provedena v londýnské univerzitě panem Russo a Comi.

| Udržitelný vliv Dopravní prostředky | Ekonomické cíle | | | Sociální cíle | | | Cíle životního prostředí | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kongesce | Dodací lhůta | Cena za cestu | Redukce vozidlového parku | Snížení počtu vozidel | Životaschopnost | Snížení znečišťovatelů | Snížení CO2 | Redukce hluku |
| Dieselové dodávky | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Elektrické dodávky | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| Elektrická cargo kola | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Obrázek 14 Cíle udržitelné mobility v prostředí CL

Zdroj: (24), úprava autorka

Z těchto údajů je zřejmé, že absolutně udržitelný koncept pro dosažení vytyčených cílů pro udržitelnou mobilitu jsou systémy CL s využitím cargo kol na elektrický pohon, a to i oproti dodávkám na elektrický pohon.

Vzhledem k výše uvedeným údajům o nárůstu nákupu na internetu, kongesce a současnému tlaku společnosti na snižování uhlíkové stopy by jízdní kola mohly městské

orgány využít cargo kola v rámci CL pro potřeby města. Mezi tato využití by mohli být zahrnuty tyto aktivity:

- Zasílání dokumentů v rámci odloučených oddělení městské správy,
- údržba v parcích nebo zelených zónách,
- využití při sběru odpadu v centru města.

Implementace systémů CL na bázi cyklistické dopravy pro město obecně může přinést mnoho pozitivních faktorů. K těmto faktorům patří žádná kongesce a náklady spojené s parkováním, vysoká spolehlivost v městských podmínkách, pozitivní dopad na životní prostředí, s tím související plány města pro zkvalitňování ovzduší. Městská správa v rámci propagace tohoto systému může nabídnout zkušební program zdarma pro zainteresované podniky, dále zvážit dotace pro investování do cargo kol, financování městských logistických konceptů v rámci cargo kol a financování marketingového programu v rámci využití cargo kol.

## 5.3 Vliv progresivního růstu e-commerce na CL

Hlavní bariérou pro vstup tohoto systému může být to, že potencionální budoucí klienti by mohli mít bariéry pro změnu z již zavedených systémů, obchodních vztahů a názorů od stálých odběratelů. Ve čtvrté kapitole je vysvětleno zavedení systému, který je provázán jedním zákazníkem DHL Express. Na straně druhé autorka oslovila i další zásilkové společnosti, které by mohla tato nabídka nákladních jízdních kol zajímat. V tabulce 18 jsou všechny potencionální společnosti uvedeny.

Tabulka 18 Portfolio zákazníků

| Portfolio zákazníků | |
|---|---|
| DHL | DHL |
| | PPL |
| | DPD |
| | Geis |
| | GLS |

Zdroj: Autorka

Společnost PPL se více soustředí na e-commerce, a tedy v rámci celého města Pardubice je schopna rozvést až 2200 zásilek denně. Geis a GLS mají v rámci centra města také svoje pravidelné zákazníky viz. přiložený dotazník. Z něhož z 30ti dotázaných kamenných prodejen 5 využívá společnost Geis nebo GLS, jako své dovozce zásilek. (17) Proč by ale měla tato nabídka zmíněné zasílatelské společnosti zajímat natolik, aby byli

ochotni své zásilky distribuovat v rámci centra města pomocí nákladního kola. Nejhlavnějším důvodem je úspora jednoho vozidla, které by muselo navíc vyjet a doručit či vyzvednout zásilku. A dalším aspektem je enviromentální hledisko, nákladní kolo, které je schopno obhospodařit již výše zmíněné území, a ušetřit na již zmiňovaném úseku v Českých Budějovic až 1,3 tun $CO_2$ ročně.

Zapojení společností uvedených v tabulce 18 do sledovaného systému CL by znamenalo vybudování většího depa, nasazení více kol na trasu a větší investiční náklady. Autorka dále nerozváděla tuto možnost, protože jednotlivé společnosti vyjádřili nesouhlas s konsolidací zásilek na jednom místě, kvůli obchodnímu tajemství o údajích zákazníků a finanční politice jejich společnosti.

# ZÁVĚR

City logistické systémy jsou nástroji pro redukci negativních vlivů v oblasti dopravy v aglomeracích. Vývoj měst rapidně vytváří nové problémy nejen v dopravě, ale i v celém konceptu města, a proto nejen CL, ale i další vědní disciplíny jsou důležitou součástí zaměření se na výslednou optimalizaci chodu města. V Evropě se tyto městské problémy řešili již dříve, ale jelikož jde o komplexní problém, kde doprava ovlivňuje celkový chod ve městě, nebylo vždy snadné jednoznačně určit dané změny. Důvodem je, že každé město má specifické požadavky a svůj vlastní koncept, tudíž je nutné se soustředit vždy na konkrétní místo individuálně. V České republice se až na začátku 21. století začalo polemizovat nad touto tématikou, proto je v současnosti vhodné začít nasbírané informace a systémy porovnávat a implementovat i na našem území.

V tomto projektu byly představeny systémy CL se zaměřením na cyklistickou dopravu v zahraničí. Proběhla analýza podmínek pro zavedení těchto systémů do prostředí v České republice, kdy byl navržen model systému CL pro vybrané město Pardubice a popsána jeho implementace.

Na závěr byl hodnocen celý systém CL jak z pohledu města a konkrétních získaných údajů, tedy některých výstupů z použitých vztahů v této práci. Tak také z udržitelné mobility jak pro město jako takové, tak i pro dané obyvatelstvo, protože lze snížit uhlíkovou stopu ve městě až o 1,03 tuny oxidu uhličitého.

# SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ


(1) BRŮHOVÁ-FOLTÝNOVÁ, H. *Doprava a společnost: ekonomické aspekty udržitelné dopravy*. Praha: Karolinum, 2009. 210 s. ISBN 978-80-246-1610-0.

(2) Taniguchi, E. City Logistics: Modelling, Planning and Evaluation. New York: m,lpRoutledge, 2015. ISBN 978-1-138- 88545-5.

(3) *Best fact* [online]. Urban Freight. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: http://www.bestfact.net/best-practices/cl1_urbanfreight/

(4) CEMPÍREK, V., et. al. *Logistická centra*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2010. 139 s. ISBN 978-80-86530-70-3.

(5) *Redyser adquiere la empresa de entregas sostenibles especialista en e-commerce Emakers* [online]. Tech Sales Group. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: https://techsalesgroup.wordpress.com/tag/emakers/

(6) *Best fact* [online]. The Green link. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: http://www.bestfact.net/wp-content/uploads/2016/01/CL1_136_QuickInfo_ TheGreenLink-16Dec2015.pdf

(7) *Urban transport group* [online]. General information. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: http://www.urbantransportgroup.org/system/files/general-docs/Michael%20 Darchambeau.pdf

(8) *Cyclelogistics* [online]. Main page. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: http://cyclelogistics.eu/

(9) *Cargo bike festival* [online]. Festival nákladních kol. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: http://cargobikefestival.blogspot.cz/

(10) *City plan.* [online]. Aplikace dopravně logistických přístupů v městských aglomerací Dílčí úkol 5. [cit. 2017-11-24]. Dostupné z: http://www.af-cityplan.cz/aplikace-dopravne-logistickych-pristupu-v-mestskych-aglomeracich-1404042523.html

(11) Interní materiál Cyclelogistics Ahead poskytnutý společností Messenger 24. 11. 2018 prostřednictvím elektronické pošty paní Kateřinou Ovesnou

(12) *Město na kole* [online]. O městských obvodech. [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: http://mestonakole.eu/blog/2013/01/o-mestskych-obvodech-i/

(13) LEDVINOVÁ, M. *Teorie dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011, 188 s. Studijní opora. Pardubice, 2011.

(14) VOLEK, J., LINDA, B. Teorie grafů: aplikace v dopravě a veřejné správě. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. 192 s. ISBN 978-80-7395-225-9.

(15) *Tisková zpráva* [online]. DHL představuje první kurýrní elektrokolo v České republice [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: http://www.dhl.cz/cs/tisk/tiskove_zpravy/zpravy_2017/lokalni/dhl_express_predstavuje_prvni_kuryrni_elektrokolo_v_ceske_republice.html

(16) *Best fact* [online]. Gnewt Cargo. [cit. 2017-12-9]. Dostupné z: http://www.bestfact.net/wp-content/uploads/2016/01/CL1_067_QuickInfo_UK_GNEWT-16Dec2015.pdf

(17) *Dotazník*-Zjišťování pohybu zásilek ve vybrané oblasti Pardubice, autorka 28.03.2018

(18) *Pedicabshop* [online]. Cargobikes. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: http://www.pedicabshop.com/cargo-bikes/ecocargo-xl-cargo-trike.html

(19) KAMPF, R., ZÁKOROVÁ, E., *Vliv vybraných faktorů na dopravní systém*. Pardubice, [online]. Personal Contacts. [cit. 2018-02-28]. http://pernerscontacts.upce.cz/15_2009/Kampf.pdf

(20) Interní materiály týkající se Analýzy intenzit dopravy nazvané Cyklo General poskytnuté dne 7. 5. 2018 prostřednictví elektronické pošty s Ing. Martinem Ptáčkem

(21) 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.

(22) *Radkutsche* [online]. Components of Cargobikes. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://www.radkutsche.de/en/musketier/customizer/#components

(23) *XYZ Cargo* [online]. Reader [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://www.xyzcargo.com/de/raeder/

(24) *Reasearch Gate* [online]. Sustainable city logistics. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/273705547_Sustainable_city_logistics_-_Making_cargo_cycles_viable_for_urban_freight_transport

(25) *Cycles Maximus* [online]. Max Van. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: http://www.cyclesmaximus.com/max-van-body.htm

(26) *Statutární město Pardubice* [online]. Ceník parkovného. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: http://www.dpmp.cz/dpmp.cz/doc/park-cenik-2017.pdf

(27) *Containex* [online]. Technické údaje kontejneru 20´. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: http://www.containex.cz/cs/produkty/skladovy-kontejner?tab=technicke-udaje

(28) *Parkovací dům Polabiny* [online]. Ceník parkování. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: http://www.parkovacidumpolabiny.cz/Parkovaci_dum_polabiny.htm

(29) *Celostátní sčítání dopravy 2016* [online]. Ředitelství silnic a dálnic ČR. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx

(30) *Spotřeba energie* [online]. Kalkulačka emisí. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: https://mojeco2.cz/vypocet/doprava/do-prace

# SEZNAM PŘÍLOH

**Příloha A** DOTAZNÍK-Zjišťování pohybu zásilek ve vybrané oblasti Pardubice

**Příloha B** Výsledky dotazníku

**Příloha C** Mapa s vyznačenými body zastávek

**Příloha D** Adresy zákazníků v obsluhovaném atrakčním obvodu

**Příloha E** Výsledná mapa ze softwaru ODL Logistics

**Příloha A** DOTAZNÍK-Zjišťování pohybu zásilek ve vybrané oblasti Pardubic

**1. Kolikrát denně jsou Vám doručeny zásilky od zásilkových společností typu DHL, PPL, UPC, Česká Pošta, atd.?**

- ☐ 1x denně
- ☐ několikrát denně
- ☐ 1x týdně
- ☐ několikrát týdně
- ☐ 1x měsíčně
- ☐ několikrát měsíčně
- ☐ jiná odpověď

jaká společnost nejčastěji:

(vypište, prosím)

**2. V jakém čase nejčastěji obdržíte zásilku?**

- ☐ 6:00 - 9:00
- ☐ 9:00 - 11:00
- ☐ 11:00 - 14:00
- ☐ 14:00 - 16:00
- ☐ 16:00 - 18:00
- ☐ a další

**3. Kdy by ste uvítali, aby zásobování probíhalo?**

- ☐ 6:00 - 9:00
- ☐ 9:00 - 11:00
- ☐ 11:00 - 14:00
- ☐ 14:00 - 16:00
- ☐ 16:00 - 18:00
- ☐ a další

**4. Odkud Vás zásobují zásilkové společnosti?**

- ☐ přímo z vozidla
- ☐ musí dovést na vozíku
- ☐ jiná možnost

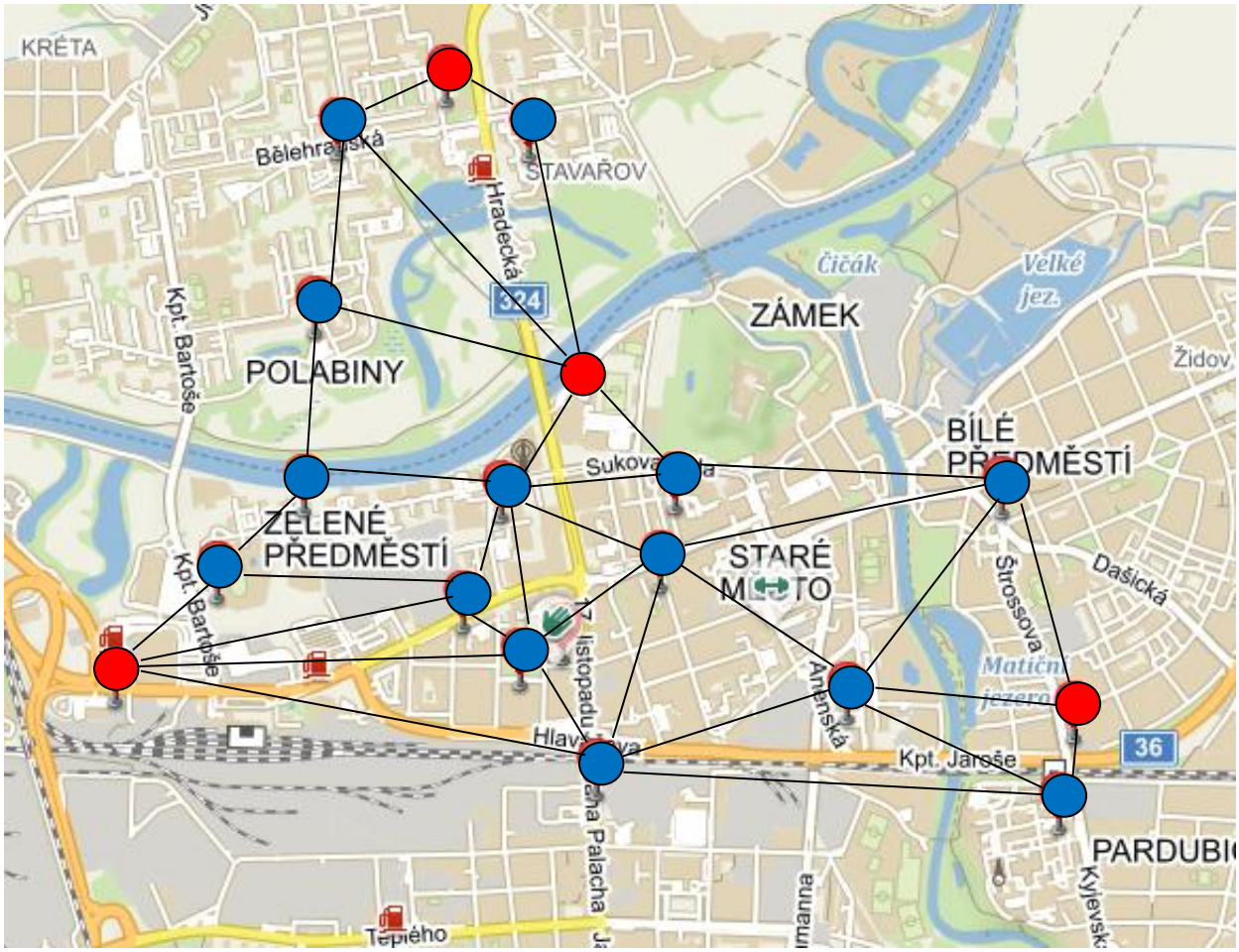
**DĚKUJI ZA VÁŠ ČAS A VYPLNĚNÍ DOTAZNÍKU! :-)**

**Příloha B** Výsledky dotazníku

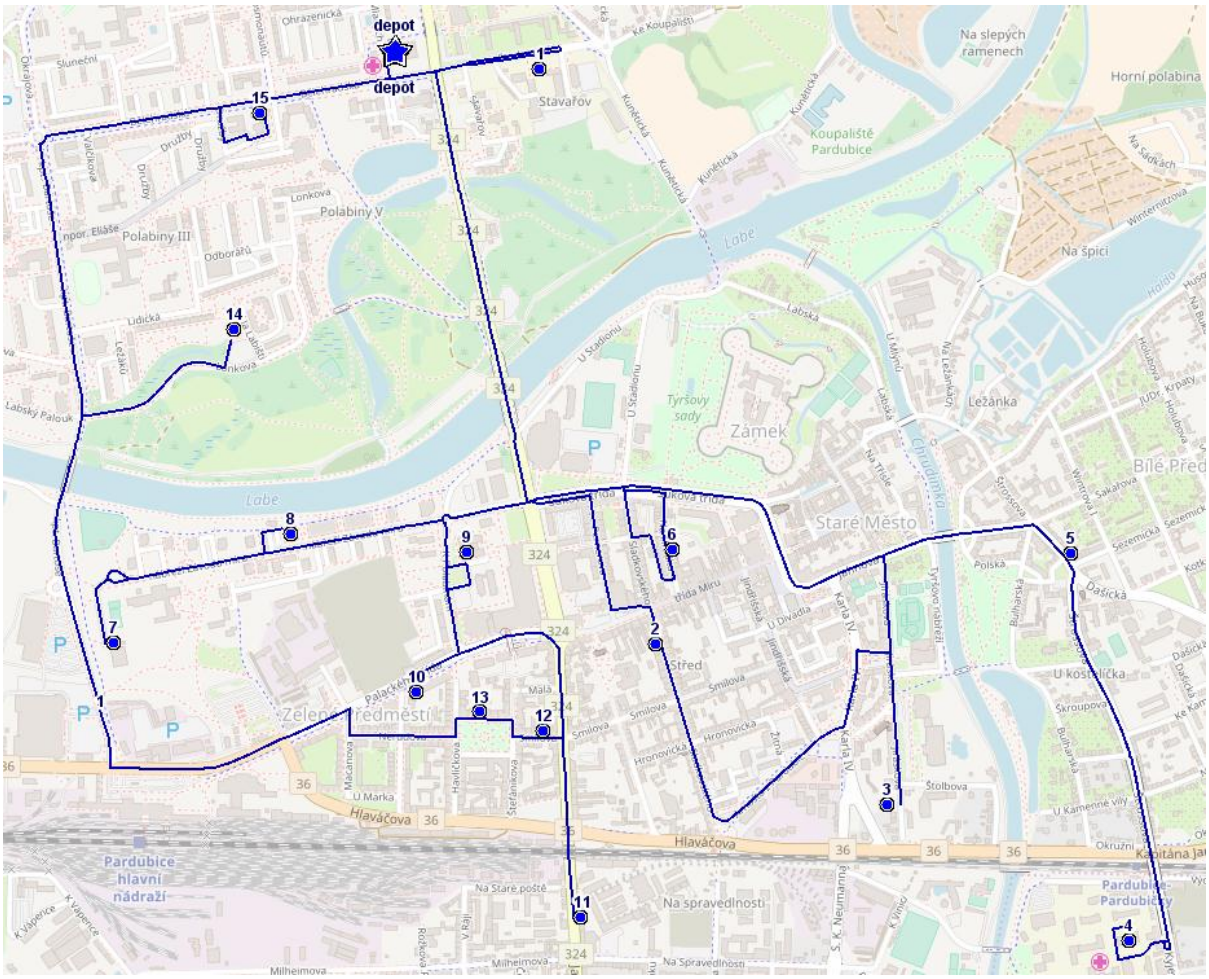
| | | Číslo otázky | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **č.** | **Prodejna** | **1.** | **2.** | **3.** | **4.** | **5.** | **Pozn.** |
| 1 | Flexi kopírka | 1 | 11:00-14:00 | 11:00-14:00 | 2 | PPL | velké zásilky |
| 2 | Mystic.cz | 3 | 9:00-11:00 | 9:00-11:01 | 2 | DHL | |
| 3 | Europarfums.cz | 1 | 9:00-11:01 | 9:00-11:02 | 1 | PPL | Zásobují z hl. skladu z Prahy |
| 4 | Hajn | 7 | - | - | - | - | e-shop email na majitelku |
| 5 | Vesna | 7 | po celý den | po celý den | 2 | PPL | Zeptat se dodavatelské spol., pro celou Vesnu |
| 6 | Hudy sport | 2 | 9:00-11:00 | 9:00-11:01 | 1 | PPL, ČP | do 30 kg 99 % krabice |
| 7 | Pardubanda | 2 | 6:00-9:00 | 6:00-9:01 | 2 | | přímo dodavatelé jednotlivých firem |
| 8 | Very Berry | 2 | po celý den | po celý den | 2 | DPD, PPL | palety-balíček; vlastní e-shop(ČP+DPD) |
| 9 | Dr. Mobil | 2 | 9:00-11:00 | 9:00-11:00 | 1 | PPL, DPD, ČP | |
| 10 | Flatele-PCE | 4 | po celý den | po celý den | 1 | PPL, ČP | |
| 11 | Temple store | 1 | 11:00-14:00 | 11:00-14:00 | 1 | ČP | |
| 12 | Nadměrné oděvy | 4 | 11:00-14:00 | 11:00-14:00 | 1 | GLS | |
| 13 | Zelený dům Květiny | 1 | 6:00-9:00 | 6:00-9:01 | 1 | Soukromní distributoři květin | potíž s parkováním |
| 14 | Koh-i-nor Papírnictví | 4 | po celý den | 9:00-11:00 | 2 | PPL | |
| 15 | Knihy Kanzelgergr | 1 | dopoledne | po celý den | 2 | PPL, Geis, ČP | Bedny + balíčky |
| 16 | Moravec. Čipera | 4 | 9:00-11:00 | po celý den | 2 | DPD, ČP | ČP-cenný papír, DPD MALÉ BALÍČKY |
| 17 | Galanterie-Kristýna | 4 | 9:00-11:00 | po celý den | 2 | DPD, PPL, ČP | velké bedny, prostor Na Hrádku |
| 18 | Klenotnictví Hodiny Lejhanec | 4 | 11:00-14:00 | 9:00-11:00 | 2 | ČP, DPD, PPL | menší balíky, ul. Na Hrádku pozemek, využití? |

| č. | Prodejna | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Pozn. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | Triangl | 7 | po celý den | po celý den | 2 | ČP, Geis | parkování-problém, vliv MHD na prodej |
| 20 | Benu Lékárna | 2 | po celý den | po celý den | 2 | VD | lékarnické zboží |
| 21 | CZC.cz | 1 | 6:00-9:00 | 6:00-9:00 | 1 | Kurýr.cz | bedny+balíčky (na paletách) |
| 22 | Papírnictví u TřídyMíru | 4 | 11:00-14:00 | 11:00-14:00 | 1 | PPL | balíky do 30 kg |
| 23 | Fashion Air | 6 | 11:00-14:00 | 11:00-14:00 | 1 | DPD | |
| 24 | Korálky, klenoty, Bižuterie | 6 | 11:00-14:00 | 11:00-14:00 | 1 | ČP, DHL, PPL | |
| 25 | Náš Grunt | 1 | 9:00-11:00 | 9:00-11:00 | 1 | PPL, ČP, Geis | do 30 kg 99 % krabice |
| 26 | Dr. Max | 2 | 9:00-11:00 | 9:00-11:00 | 1 | DHL | |
| 27 | Levné knihy Pardubice | 3 | 9:00-11:00 | 9:00-11:00 | 2 | PPL, ČP, Geis | |
| 28 | Pardubický perník JAP | 2 | 9:00-11:00 | 9:00-11:00 | 1 | DHL, ČP | |
| 29 | Knihkupectví Dobrovský | 1 | 9:00-11:00 | 9:00-11:00 | 1 | PPL, DHL, DPD | |
| 30 | Reno obuv | 2 | 9:00-11:00 | 9:00-11:00 | 1 | PPL, DPD | |
| 31 | Špalda | 1 | 9:00-11:00 | 9:00-11:00 | 2 | PPL, DHL | |

**Příloha C** Mapa s vyznačenými body zastávek



**Příloha D** Adresy zákazníků v obsluhovaném atrakčním obvodu

| Číslo | Název | Adresa |
|---|---|---|
| 0 | Depo | Mladých 322/322, 530 09 Pardubice II-Polabiny |
| 1 | Magistrát | Štrossova 44, 530 03 Pardubice I |
| 2 | Mystic | Na Hrádku 725, 530 02 Pardubice I |
| 3 | Korálky/Bižu | 1787 Sladkovského Zelené Předměstí Pardubice, 530 02 Pardubice |
| 4 | Kávovinky | J. Palacha 515, 530 02 Pardubice V |
| 5 | Grunt | Smilova 412, 530 02 Pardubice I-Zelené Předměstí |
| 6 | Knihkupectví Palackého | Palackého tř. 2549, 530 02 Pardubice-Zelené Předměstí |
| 7 | Upce ČSL | nám. Čs. legií 908/908, 530 02 Pardubice I-Zelené Předměstí |
| 8 | Poliklinika | Masarykovo nám. 2667, 530 02 Pardubice I |
| 9 | Nábřeží záv. Míru | nábř. Závodu míru 2740, 530 02 Pardubice I |
| 10 | Hzotel Euro | Jiráskova 2781, 530 02 Pardubice |
| 11 | Nemocnice | Kyjevská 44, 530 03 Pardubice IV |
| 12 | Upce Stavařov | Stavařov 95, 530 09 Pardubice II |
| 13 | Studio relax | Bělehradská 542, 530 09 Pardubice II-Polabiny |
| 14 | Opaz s.r.o. | Lonkova 535, 530 09 Pardubice II |
| 15 | Skate park | Kapitána Bartoše 2788, 530 01 Pardubice I |

**Příloha E** Výsledná mapa ze softwaru ODL Logistics